



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

***DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA DE
CAPTACIÓN DE ENERGÍA Y
PROPULSIÓN PARA EL COCHE
SOLAR PROTOTIPO ANIBAL.***

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial
Intensificación: Electricidad
Alumno/a: Jose López Hellín
Director/a/s: Ángel Molina García
Antonio Guerrero González

Cartagena, 12 de Septiembre de 2011

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Motivaciones.....	3
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Resumen.....	4
2. ESTADO DE LA TÉCNICA.....	5
2.1. Vehículos solares.....	6
2.1.1. Sistema eléctrico.....	7
2.2. Coches solares.....	8
2.2.1. Coches híbridos.....	9
2.3. Coches eléctricos.....	10
2.4. Murcia Solar Race.....	11
2.4.1. Murcia Solar Race 2010.....	12
2.4.2. Fundamentos de la carrera.....	12
2.4.3. El circuito.....	13
2.4.4. Exhibición 8 de Agosto de 2011 en Murcia.....	15
2.5. Eco Shell Marathon.....	16
2.5.1. Un poco de historia.....	16
2.5.2. Competición.....	17
2.5.3. Curiosidades.....	17
2.5.4. El circuito.....	17
2.5.5. Eco Shell Marathon 2011.....	18
2.6. Coche Aníbal.....	19
3. BATERÍAS.....	20
3.1. Diferencia entre pila, acumulador y batería.....	22
3.2. Funcionamiento.....	23
3.2.1. Carga y descarga.....	24
3.2.2. Sobrecarga e inactividad.....	25
3.2.3. Prevenciones.....	26
3.3. Tecnologías.....	28
3.3.1. Ion Litio.....	29
3.3.2. Plomo – ácido.....	32
3.3.3. Níquel – Cadmio.....	35
3.3.4. Níquel – Hidruro metálico (Ni-MH).....	36
3.3.5. Polímero de litio.....	36
3.3.6. Gel.....	38
3.3.7. LiFePO4.....	41
3.4. Parámetros de un acumulador.....	43
3.5. Disponibilidad de mercado.....	44
3.6. Baterías utilizadas en el coche Aníbal.....	45

3.6.1.	Ensayo de descarga de baterías.....	45
3.6.2.	Ensayo de recarga de baterías.....	50
4.	REGULADOR SOLAR.....	53
4.1.	Descripción del equipo.....	54
4.2.	Instrucciones importantes de seguridad.....	54
4.3.	Puesta en marcha.....	55
4.3.1.	Selección del voltaje del sistema de baterías.....	55
4.3.2.	Fijación de los parámetros de los valores de carga..	57
4.3.3.	Control auxiliar.....	58
4.4.	Otras características.....	58
4.4.1.	Control de iluminación de la pantalla de cuarzo.....	58
4.4.2.	Igualación de baterías.....	59
4.4.3.	Menú miscelánea.....	59
4.4.4.	Optimización.....	59
4.4.5.	Historiales.....	59
4.5.	Especificaciones y curvas de eficiencia.....	62
4.6.	Ensayos con el regulador solar.....	64
5.	PANELES FOTOVOLTAICOS.....	71
5.1.	Información acerca de los paneles fotovoltaicos.....	73
5.1.1.	Aplicaciones.....	73
5.1.2.	Paneles de alta concentración.....	73
5.1.3.	Panel solar.....	74
5.1.4.	Aspectos constructivo de los paneles fotovoltaicos..	75
5.1.5.	Cubierta solar.....	76
5.2.	Ensayos con los paneles fotovoltaicos.....	76
5.2.1.	Ensayo de las placas con baterías de LiFePO4.....	82
6.	TRACCIÓN MOTOR.....	88
6.1.	Composición de la tracción motor.....	89
6.1.1.	Controlador motor.....	89
6.1.2.	Motor.....	103
6.1.3.	Aparatos de medición Circutor MK 3º DC.....	124
6.2.	Procedimiento de montaje y desmontaje rueda trasera..	131
6.2.1.	Montaje.....	131
6.2.2.	Desmontaje.....	132
7.	PRUEBAS PREVIAS.....	133
7.1.	Comprobaciones previas.....	134
7.2.	Prueba 22 de Julio de 2011.....	136
7.2.1.	Datos obtenidos el día de la prueba.....	137

7.2.2.	Curvas extraídas de los datos dados por la CRIO...	138
7.3.	Formulario de verificaciones previas a carrera.....	140
7.3.1.	Pruebas con rueda trasera.....	140
7.3.2.	Pruebas con rueda delantera.....	140
7.3.3.	Pruebas con el regulador.....	140
7.3.4.	Pruebas con baterías.....	140
7.3.5.	Tracción motor.....	141
7.3.6.	Recopilación de herramienta y material.....	141
8.	ESTUDIO ENÉRGICO.....	142
8.1.	Estudio del circuito.....	143
8.2.	Modelo físico establecido.....	145
8.3.	Estimación del par conseguido.....	147
9.	CONCLUSIONES.....	150
-	BIBLIOGRAFÍA	
-	ANEXO I	



1-INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. MOTIVACIONES.

El planteamiento del PFC diseño de un nuevo sistema de captación de energía y propulsión para el coche solar prototipo Aníbal, nace a partir de la necesidad de cambiar ciertas cosas en el vehículo. Por citar algunas de ellas, encontraríamos la necesidad de caracterizar el motor, estudiar el funcionamiento de las nuevas baterías y su combinación con el regulador, estudiar también el funcionamiento del nuevo controlador, realizar un estudio y balance energético, determinar el comportamiento de los paneles fotovoltaicos disponibles, procedimientos mecánicos y formalizar la instalación eléctrica mediante esquemas. En general dejar un pequeño manual sobre el coche y las tecnologías que lo abarcan.

1.2. OBJETIVOS.

En definitiva se han implantado una serie de objetivos a continuación enumerados:

- Emplazar un poco en qué estado se encuentra la técnica en torno a vehículos solares.
- Remarcar un poco la normativa más importante de la carrera.
- Informar acerca de otras carreras del tipo de eficiencia energética.
- Establecer unos cuidados en baterías
- Aportar información acerca de los distintos tipos de tecnologías.
- Determinar el comportamiento de las nuevas baterías LiFePO4.
- Caracterizar las baterías nuevas.
- Montar el conjunto placas-regulador-baterías, y comprobar que funciona correctamente con el nuevo equipo de baterías.
- Aprender a configurar el regulador y establecer una pequeña guía.
- Determinar la producción de los paneles fotovoltaicos en distintas situaciones (con o sin carga, distintos horarios).
- Configurar el nuevo controlador.
- Caracterizar el controlador anteriormente citado.
- Caracterizar el comportamiento del motor en distintos regímenes de carga.
- Establecer funciones para corregir el error de los contadores.
- Imponer un protocolo de montaje y desmontaje de la rueda trasera del vehículo.
- Realizar una listado de pruebas previas a salir a ir al circuito.
- Componer un formulario previo a la salida al circuito, en el cual se enumeren las pruebas recomendadas previas y el material mínimo recomendado.
- Realizar un balance energético en función de lo que se espera que se produzca tras las experiencias con las placas y con los datos de una previsión

de consumos en función de las distintas fases del circuito con distintas pendientes.

- Realizar un estudio energético para poder realizar una pequeña previsión de consumos.
- Hacer una serie de esquemas eléctricos descriptivos del nuevo cableado y componentes del coche solar.

1.3. **RESUMEN.**

En el presente documento se pretende dar una visión en general de la energía renovable fotovoltaica, incidiendo en algunos aspectos fundamentales de la técnica.

Se hace un repaso general al estado de la técnica focalizando parte del texto en el desarrollo de prototipos de vehículos solares y eventos que fomentan dichas tecnologías como la ECO SHELL MARATHON y la MURCIA SOLAR RACE, la cual tiene gran presencia en la exposición, haciendo también referencia a la participación de nuestra universidad en la carrera, así como revelar la preparación del prototipo Aníbal.

Se hace también un repaso a algunos vehículos eléctricos de pequeña potencia, pero de gran versatilidad. En algunos casos ideales para la utilización por grandes urbes.

En el apartado de baterías, se realiza un pequeño estudio de las diversas tecnologías que ofrecen estos elementos, también acerca de su funcionamiento.

Pero por encima de todo, la parte más importante de este punto, ha sido el estudio del comportamiento de las nuevas baterías de litio, y las conclusiones extraídas que son vitales para el futuro del vehículo.

También se hace referencia en cuanto al funcionamiento del regulador solar en ese apartado, explicación de su puesta en marcha, unas pequeñas precauciones que se deben tener con este, distintos modos de funcionamiento etc...

Por supuesto, que se realizaron ensayos con el regulador, en los cuales hemos verificado la eficiencia de este que observamos como aumenta la recarga de baterías cuando estas están solicitadas y necesitan una mayor aportación de energía.

Se habla a lo largo del texto también sobre los paneles fotovoltaicos, sobre todo su producción y su funcionamiento con el regulador. Se tomaron datos de la energía que aportan en distintas franjas horarias del día.

Se hace también un pequeño resumen acerca de lo que es este elemento y de otras aceptaciones como paneles solares.

En otro apartado se tratará la tracción motor, como poner en marcha el regulador y como configurarlo, estudios acerca de la caracterización del motor en vacío y en

carga. Caracterización también del controlador y corrección de errores por parte de los contadores de energía.

Se incluye en este último punto, una pequeña explicación de cómo montar y desmontar la rueda trasera del coche.

También se incluye en el apartado 7, una pequeña guía de las pruebas a llevar a cabo en caso de tener que ir a pista bien el día de la carrera o bien para pruebas, incluyendo un formulario con las pruebas pertinentes y material necesario. Está pensado para que un responsable del equipo se encargue de rellenarlo marcando con sí o no en función de si se cumple la afirmación en cuestión o no.

Finalizando se incluye también un estudio energético, en el cual se puede hacer una pequeña previsión de los consumos que se darán en el circuito.

Por último se han realizado una serie de conclusiones en las cuales se enmarca los objetivos y logros conseguidos, que en general han sido de manera satisfactoria, denotando un gran avance en el vehículo.

2-ESTADO DE LA TÉCNICA

2. ESTADO DE LA TÉCNICA.

A continuación en este apartado vamos a analizar el estado de la técnica en vehículos en general de tipo solar. El objeto de este apartado es informar acerca del entorno de este tipo de vehículos emplazando el prototipo Annibal, coche con el cual la universidad politécnica de Cartagena participa en la *Murcia Solar Race 2011*.

2.1. VEHÍCULO SOLAR

Un vehículo solar es un vehículo propulsado por un motor eléctrico alimentado por energía solar obtenida de paneles solares en la superficie del automóvil, lo que los diferencia de los vehículos de carga solar en los que se emplea electricidad renovable que es obtenida fuera del vehículo. Las celdas fotovoltaicas convierten la energía del sol directamente a electricidad, que puede o bien ser almacenada en baterías eléctricas o utilizadas directamente por el motor.



A diferencia de los vehículos de carga solar, los automóviles solares no son actualmente una forma de transporte práctica. Aunque pueden operar por distancias limitadas sin el sol, las celdas son generalmente muy frágiles.

Además, los equipos de desarrollo han enfocado sus esfuerzos hacia la optimización de la funcionalidad del vehículo, preocupándose poco por la comodidad del pasajero. La mayoría de automóviles solares sólo tienen espacio para una o dos personas.



Los automóviles solares compiten en carreras como la *World Solar Challenge* (Imagen superior) y la *American Solar Challenge* (Imagen inferior). Estos eventos son a menudo apoyados por agencias gubernamentales, como el departamento de energía de EEUU, que se ocupa de promover el desarrollo de métodos de propulsión alternativa. En estas competiciones participan a

menudo universidades para mejorar las habilidades de sus estudiantes, aunque también han participado muchos equipos profesionales, incluyendo equipos de

General Motors y Honda. Algo más cercano a nuestro país y más concretamente es la ya mencionada con anterioridad Solar Race, en la cual participa nuestra universidad con el prototipo Annibal.

2.1.1. Sistema eléctrico:

El sistema eléctrico es el más importante de los sistemas del automóvil, porque controla toda la potencia que entra y sale del conjunto. Las baterías juegan el mismo papel que el depósito de combustible en un automóvil normal como almacenamiento de energía para uso futuro. Los automóviles solares usan diversos tipos de baterías, incluyendo plomo, níquel – cadmio y demás que en apartados posteriores se desarrollarán. Las baterías de plomo son más económicas y fáciles de operar, pero la relación potencia / peso es mala. Típicamente, los automóviles solares usan voltajes entre 84 y 170 V, aunque en nuestro caso ante la exigencia y condiciones de carrera utilizaremos una tensión inferior.

La electrónica de potencia regula la electricidad del automóvil. Los componentes de la electrónica de potencia incluyen los seguidores de potencia de pico, el control del motor y el sistema de adquisición de datos.

Los seguidores de potencia de pico controlan la potencia que viene del dispositivo solar para maximizarla y suministrarla al motor. También protegen las baterías de sobrecargas. El controlador motor maneja la electricidad que alimenta al motor de acuerdo a las señales que provienen del acelerador.

Muchos automóviles solares tienen complejos sistemas de adquisición de datos que monitorean todo el sistema eléctrico mientras incluso los automóviles más básicos tienen sistemas que proveen información del voltaje y corriente de las baterías al conductor. En nuestro caso se utiliza el componente de *NATIONAL INSTRUMENTS*, Compact RIO, del cual dispondremos algunos detalles más adelante.

2.2. COCHES SOLARES

La mejora continuada de los prototipos solares ofrece algunos ejemplos espectaculares. Uno de los coches solares más rápidos del mundo, el Nuna 2, fue capaz de recorrer 6500 Km por toda Europa en 2004, tan solo con la energía consumida por sus paneles solares. Se trata de un vehículo diseñado y construido por estudiantes holandeses, con el apoyo de la Agencia Espacial Europea (ESA), que proporcionaba las células solares y los componentes electrónicos del interior. En enero de 2007, un equipo de estudiantes de la Universidad australiana de Nueva Gales del Sur lograba que su vehículo, el Jaycar Sun Swift III, atravesara los 4000 Km del desierto Australiano OutBack en cinco días y medio.

En cualquier caso, se trata de vehículos de escasa autonomía que dependen de la luz solar para moverse. Además, la prioridad de optimizar su rendimiento conlleva la

reducción al máximo del habitáculo de los pasajeros, normalmente con espacio para una o dos personas. Por ello, los expertos reconocen que estos coches solares no podrán convertirse en una alternativa de vehículo comercial, reduciéndose en todo caso a situaciones muy concretas, como por ejemplo los coches de golf.

No obstante, la tecnología solar podría contribuir al desarrollo de coches eléctricos de batería o incluso híbridos que utilicen en parte energía eléctrica y en parte gasolina dependiendo de las circunstancias. En estos casos, los paneles solares ocuparían mucho menor espacio y ayudarían a alargar la autonomía de la batería, respetando el diseño y la habitabilidad interior del vehículo.

En Enero de 2011 se consiguió poner en marcha el coche solar más rápido del mundo, fue el Sunswift IV (Imagen a continuación mostrada), construido por unos estudiantes australianos pilotado por Barton Maquer. El coche utiliza 400 paneles solares y 1300 W de potencia, alcanzó 88 Km/h y creen que con algunos ajustes aún puede ir más rápido.



Hemos visto varios coches solares a lo largo de los años y hasta un superdeportivo, pero hasta el momento más veloz había sido construido en 1988, cuando el Sunnycracer de GM alcanzó 79 Km/h.

Después de tantos años, el honor fue robado hace unos días por un coche creado por estadounidenses en la Universidad New South Wales en Australia. El nuevo record ahora es de 88 Km/h y lo hicieron con un piloto profesional al volante.

El aspecto que llena de orgullo a sus creadores es la cantidad de electricidad que usa: 1300 W, lo mismo que necesita una tostadora.

Las pruebas fueron realizadas en la base de la fuerza naval australiana, en la ciudad de Nowra. Pero el próximo destino es el World Solar Challenge, que se llevará a cabo en octubre con un coche aún más veloz. Mientras tanto, pasará por colegios a lo largo de Australia para inspirar a los jóvenes a interesarse en esta rama de tecnología. Sus creadores tampoco se niegan a la idea de que otro equipo rompa su récord, ya que eso les permitirá desarrollar coches aún más eficientes.

2.2.1. Coches híbridos

Un coche híbrido es un vehículo de propulsión alternativa combinando un motor movido por energía eléctrica proveniente de batería y un motor de combustión interna.



A nivel mundial en 2009 ya circulaban más de 2'5 millones de vehículos híbridos eléctricos livianos, liderados por EEUU con 1'6 millones seguido por Japón (más de 640000) y Europa (235000). A nivel mundial los modelos híbridos fabricados por Toyota (Toyota Prius a la izquierda) sobrepasaron la marca histórica de 2 millones de vehículos vendidos en Agosto de 2009, que es seguida

por Honda y Ford.

Una de las grandes ventajas de los híbridos es que permiten aprovechar un 30% de la energía que generan, mientras que un vehículo convencional de gasolina tan sólo utiliza un 19%. Esta mejora de la eficiencia se consigue mediante las baterías, que almacenan energía que en los sistemas convencionales de propulsión se pierde, como la energía cinética, que se escapa en forma de calor al frenar. Muchos sistemas híbridos permiten recoger y reutilizar esta energía convirtiéndola en energía eléctrica gracias a los llamados frenos regenerativos. El motor híbrido junto con el diésel o gasolina son una importante opción a tener en cuenta a la hora de comprar un coche. La eficiencia consiste en que duran más, son más limpios. Su eficacia o rendimiento es sobresaliente.

La combinación de un motor de combustión operando siempre a su máxima eficiencia, y la recuperación de energía del frenado (útil especialmente en los tramos cortos), hace que estos vehículos alcancen un mejor rendimiento que los vehículos convencionales o de determinada época, especialmente en carreteras muy transitadas, donde se concentra la mayor parte del tráfico, de forma que se reducen significativamente tanto el consumo de combustible como las emisiones contaminantes. Todos los vehículos eléctricos utilizan baterías cargadas por una fuente externa, lo que les ocasiona problemas de autonomía de funcionamiento sin recargarlas.

2.3. OTROS ELÉCTRICOS

- Eco Bici de Bereco

Se trata de un Kit Eléctrico de alta calidad compuesto de Rueda con motor de 250W, Batería de litio con BMS, sensor de pedaleo, interruptor de selección del nivel de asistencia, cableado y cargador de la batería.



Es aplicable casi al 100% de las bicicletas existentes en el mercado, siempre que la distancia entre horquillas sea de 100mm, que es el estándar más implantado a nivel internacional. Igualmente este Kit admite varios tamaños de rueda, desde 20 pulgadas hasta 700C, pasando por la 22, 24 y 26 pulgadas.

Dependiendo de la versión el kit puede proporcionar autonomía desde 50 hasta 100 Kms, siempre dependiendo de las condiciones de uso y ortografía del terreno, con lo que puede planificar excursiones hasta ahora imposibles por distancia.

- Motocicleta eléctrica de Bereco.

Existen diversos modelos, consisten en motocicletas que funcionan con baterías. Dichas motos tienen consumos oscilando los 60 céntimos de euro, a los 100 Km, algo bastante interesante teniendo en cuenta el precio de la gasolina hoy en día. También dependiendo del modelo se disponen de autonomías de hasta 100 Km y velocidades de hasta 90 km/h. A continuación dos de los 4 modelos de los que dispone Bereco.



2.4. MURCIA SOLAR RACE

La principal tarea de la Agencia de Gestión de Energía de la Región de Murcia, ARGEM, desde su origen, es favorecer el desarrollo regional de una manera sostenible respetando el medio ambiente, mediante los siguientes objetivos:

- *Promover el uso racional de la energía*
 - En edificios y locales, tanto de uso familiar como público
 - En la red energética pública.
 - En las industrias
 - En el transporte
 - En las explotaciones agrarias

- Difundir las ventajas y ayudar a la implantación de instalaciones de energías renovables y aplicar acciones para mejorar la eficiencia energética
- Formar a usuarios y técnicos sobre energías renovables y eficiencia energética
- Intercambiar experiencias de uso racional de la energía a nivel internacional, nacional, regional y local
- Fomentar la reducción de emisiones de CO₂ y proteger el medio ambiente mediante el uso racional de energía y la utilización de energías no contaminantes

Por tanto y con este espíritu, ARGEM promueve el evento bautizado como Solar Race, con el fin de ofrecer un punto de encuentro para la exhibición y fomento de vehículos alimentados por energías alternativas.

La primera edición de Solar Race, consistió principalmente en la competición de vehículos propulsados por distintas energías, energías que suponen una alternativa al consumo de combustibles fósiles con el fin de brindar a los ciudadanos interesados un mayor conocimiento de las tecnologías de energías renovables que se están investigando y aplicando al sector transporte.

Murcia Solar Race considera dos grandes grupos de los tipos de vehículos, los cuales serían:

- **Vehículos experimentales:**

Consiste en diseñar y construir un prototipo de bajo consumo con una fuente de energía renovable.

Durante el diseño del vehículo, su construcción y la planificación de la competición, los equipos participantes deben prestar una atención particular a los aspectos de seguridad, como la seguridad del piloto, de los otros miembros del equipo y de los espectadores.

Los vehículos deben tener tres o cuatro ruedas, que bajo condiciones de rodaje normales deben estar en continuo contacto con la calzada.

El cuerpo del vehículo no debe incluir ningún apéndice externo que pueda ser peligroso para otros miembros de equipo. El interior del vehículo no debe contener ningún objeto que pueda herir al conductor durante una colisión.

- **Vehículos de ciudad:**

Consiste en diseñar y construir un vehículo de ciudad de bajo consumo y con una fuente de energía renovable, con la apariencia de un vehículo turismo.

Durante el diseño, la construcción y la planificación, los equipos participantes deben prestar atención particular a los aspectos de seguridad, como la seguridad del piloto, de los otros miembros del equipo y de los espectadores.

Tiene que tener cuatro ruedas, que bajo condiciones normales de rodaje deben estar en continuo contacto con la calzada. Utilizar una quinta rueda está prohibido.

2.4.1. Murcia Solar Race 2010:

En su primera edición celebrada en 2010, la Universidad Politécnica de Cartagena tuvo una discreta participación debido a lo precipitado de la preparación, este año se trabaja para dar un salto notable en la eficiencia y tecnología del vehículo incorporando nuevos elementos como la CRIO, la cual nos permitirá obtener datos en tiempo real de consumos, tensiones, intensidades, producción etc...

El prototipo propulsado por hidrógeno, IDEA CEU CAR, presentado por la Universidad CEU Cardenal Herrera, de Valencia, fue el vencedor de esta edición.

De los coches construidos en la Región de Murcia, todos los solares, el "San Antonio", (en la imagen mostrada a continuación) de la universidad Católica fue el mejor clasificado, al conseguir un resultado de 7'1 Wh/Km, este prototipo fue también el mejor clasificado a nivel nacional. En total participaron seis coches franceses y cuatro vehículos experimentales del San Antonio y de fueron el Funsang, de la Universidad de Murcia, y el Politecnico del Instituto Politécnico de Cartagena.



Cabe destacar, el premio recibido de Bereco por la UPCT, una motocicleta eléctrica, la cual fue entregada a la universidad, al ganar la carrera de motos eléctricas que se celebró en el Circuito de Velocidad de Cartagena, como actividad paralela a la Solar Race.

2.4.2. Fundamentos de la carrera.

La clasificación final de la Solar Race Región de Murcia, se obtiene en base al dato de la energía necesaria, expresada en vatios-hora, para recorrer 1 Km. Se considera energía útil, esto es:

- **Solar:** sólo los vehículos donde la producción de energía sea superior al consumo de energía clasificarán. El dato de energía consumida lo proporcionará un contador situado en el lado del motor.
- **Bioetanol:** el dato de energía consumida se obtendrá como el producto de la masa de bioetanol consumida por su poder calorífico inferior (PCI): 7,479 kWh/Kg.
- **Hidrógeno:** el dato de energía consumida se obtendrá como el producto de la masa de hidrógeno consumida por su poder calorífico inferior (PCI): 33'333 kWh/Kg.
- **Eléctricos enchufables:** el dato de energía consumida lo proporcionará el contador en el lado del motor.

La carrera está dividida en cinco tandas de cuatro vueltas al circuito cada una, siendo el objetivo recorrer esta distancia con el menor consumo de energía posible manteniendo una velocidad media mínima de 25 Km/h.

Es necesario que el vehículo finalice con éxito tres de las cinco tandas. Para cada una de estas tres tandas se obtendrá el resultado de consumo de energía expresado en vatios-hora /Km, siendo la media aritmética de los tres resultados el dato que se tiene en cuenta para la clasificación final.

En el caso de que un vehículo realice con éxito más de tres tandas, se elegirán las tres mejores marcas para el cálculo del resultado final.

En caso de que ningún equipo realice tres tandas válidas, en alguna de las categorías, este número se irá reduciendo progresivamente hasta determinar el vencedor.

La velocidad media se calcula según la expresión $V_m = L/t$, con L en Km y t en horas, obteniendo así Km/h. Se exige una velocidad mínima, de 25 Km/h. En el caso de que la velocidad media resulte en una de las tandas por debajo de este valor, la marca de consumo conseguida de dicha tanda no será tomada en cuenta para la clasificación final.

Teniendo en cuenta que la distancia del circuito es de 13,779 Km, el tiempo máximo a 25 Km/h será de unos 33 minutos por tanda.

El vehículo ganador será aquel que consiga consumir la menor cantidad de energía en Wh por kilómetro recorrido.

Dentro de cada categoría, se distinguirá a los vehículos que obtengan el mejor resultado de entre todos los que compitan con la misma fuente de energía.

2.4.3. El circuito:

La carrera se desarrollará en el circuito de velocidad de Cartagena, que tiene las siguientes características:

- Longitud total: 3506'02 metros
- Longitud de la recta de la meta: 610 metros
- Anchura de la pista, en la recta de meta 12 metros y en el resto 10 metros.
- Curvas: total 18, 10 a derechas y 8 a izquierdas.
- Desnivel máximo: 8'92%.



Los edificios de Boxes cuentan con un número de 30, de los que 18 son de 66 m² y 12 de 42 m², todos ellos dotados de conexiones de hasta 32 A, agua, aire comprimido y acceso WI-FI.



Los boxes del 1 al 19 pueden unirse interiormente, totalmente o por secciones para formar espacios diferenciados con fácil personalización para toda clase de actividades y competiciones. Igualmente, en el muro de Pit Lane dotado de conexiones de electricidad y TV.

También cuenta con servicio de Hospital, lógicamente, con los servicios y equipación necesaria para una instalación de estas características.

Previsto de homologación de distintas federaciones tanto nacionales como Internacionales.

El Hospital dispone de UVI móvil, ambulancias y personal médico especializado.

Desde la última reforma realizada en 2008, el área principal del Paddock cuenta con 52000 metros (paddock hospitality), con distribución de torres para tomas de energía y agua.

Desde este paddock se puede tener acceso a otra zona de paddock, con iguales servicios y junto a la torre de control, permitiendo obtener así una mayor superficie aprovechable. En el mismo paddock, en dos zonas separadas, junto a las puertas de Boxes y en edificios específicos se encuentran los servicios de WC y duchas.

2.4.4. Exhibición 8 de Agosto de 2011 en Murcia:

El 8 de Agosto de 2011, tenía lugar en la plaza Santo Domingo de Murcia una pequeña exhibición con los coches de la Región que participarán en la segunda edición de la Murcia Solar Race de 2011, el prototipo Anibal de la UPCT inclusive (imagen mostrada a continuación).

La UPCT estuvo bien representada por la mayoría de componentes del equipo, desde profesores hasta la piloto.



La verdad publicaba en su página web el siguiente artículo:

“Seis vehículos ‘made in Murcia’ que participarán en la próxima edición de la ‘Solar Race’ recorrieron ayer el paseo Alfonso X El Sabio, en la capital murciana, como anticipo de la carrera que se celebrará los días 13, 14 y 15 de octubre en el Circuito de Velocidad de Cartagena. El consejero de Universidades, Empresa e Investigación, José Ballesta, presentó la segunda edición de la ‘Solar Race’ con la exhibición de estos seis prototipos regionales, propulsados por energías alternativas al cien por cien, que competirán en la carrera.



Alumnos y profesores de la Universidad de Murcia (UMU) han fabricado dos de los vehículos, uno propulsado por bioetanol (alcohol proveniente de fermentación natural) y otro solar, el 'Fusang 2'.

Este último prototipo, diseñado y construido íntegramente por alumnos de Ingeniería Química de la UMU, participó en la competición internacional Shell Eco-marathon que se celebró el pasado mayo en Lausitz (Alemania) con más de 200 equipos europeos. La Universidad Politécnica y el Instituto Politécnico de Cartagena han construido otros dos coches de tecnología solar fotovoltaica. La Universidad Católica San Antonio de Murcia y el Instituto Francisco de Goya de Molina de Segura también presentan sendos prototipos.

Ballesta resaltó que «lo importante para ganar la 'Solar Race' no es ser el más rápido, sino ser el que menos energía ha consumido al final de las cuatro horas de recorrido». La competición del 2011, organizada por la Comunidad Autónoma a través de la Agencia de Gestión de la Energía (Argem), cuenta ya con 24 equipos inscritos, tres de ellos franceses, en las cuatro categorías establecidas.»

2.5. ECO SEHLL-MARATHON

Esto es una competición anual patrocinada por Shell, en la que los participantes construyen vehículos especiales para lograr la mayor eficiencia posible. El Eco – Marathon tiene lugar alrededor del mundo con eventos en Reino Unido, Francia, Holanda, Japón y EEUU.

2.5.1. Un poco de historia:

En 1833, Marcus Samuel, un comerciante de jóvenes en el East End de Londres, decidió ampliar sus negocios para incluir Orientasl Shells y creó las bases para un negocio que estaría en el corazón de la industria petrolera. 106 años más tarde, Shell Eco-marathon nació.

La Eco Shell Maratón, comenzó en 1939 en un laboratorio de investigación de Shell en EEUU como una apuesta amistosa entre científicos para ver quién podía conseguir más millas por galón de sus vehículos.



A partir de estos orígenes humildes, el concurso convocado para la economía de combustible evolucionó y se trasladó a Europa.

En su forma actual Eco Shell Maratón Europa, que atrae a miles de jóvenes ingenieros y científicos de 20 países europeos comenzó en 1985 en Francia.

Este año celebran su 26 edición, la prueba del poder perdurable del reto de contratar y atraer a los estudiantes de todas partes. Se prevén muchas más ediciones exitosas de la Eco Shell Maratón Europa, así como en América y próximamente en Asia también.

2.5.2. Competición:

En cuanto al marco de la competición, los equipos entrar en dos categorías, Grupo Prototipo, futuristas vehículos eficientes en la que la consideración principal es el diseño reduciendo la fricción y maximizando la eficiencia. Concepto Urbano, se trata de vehículos contruidos más convencionales de cuatro ruedas aptos para circular.

Este último tipo de coche ofrece a los participantes la oportunidad de diseñar y construir vehículos en los que se conjugan la optimización de la utilización del combustible junto con el aspecto de hoy en día de los automóviles. Están obligados a incorporar el sistema “stop & go”,

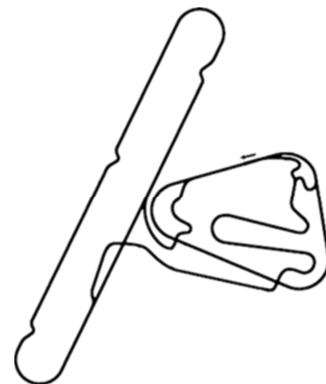
2.5.3. Curiosidades:

- La combinación de un vehículo de la Eco Shell Maratón, con su conductor generan menos dióxido de carbono que un atleta de clase mundial, corriendo en un circuito.
- Si un Ferrari de F1 tuviera los consumos de los coches de la Eco Shell Maratón, podría completar tres temporadas con un galón de combustible, unos 3'7 litros.
- La primera Shell Eco- Marathon Asia se celebró en el Circuito Internacional de Sepang en Kuala Lumpur, Malasia con más de 80 equipos procedentes de 10 países de Asia haciendo la Shell Eco – Marathon un verdadero desafío mundial.
- La Shell Eco-marathon se traslada a una nueva sede en 2012, después de 3 años en el circuito EuroSpeedway Lusitz de Alemania, el año que viene la competición se disputará en Rotterdam, Países Bajos.

2.5.4. El circuito.

La competición se disputa en el circuito Euro Speedway Lausitz, que es un autódromo ubicado en el distrito de Oberspreewald-Lausitz, Alemania. El circuito recibe a categorías internacionales como el campeonato FIA GT, la Fórmula 3 Euroseries, etc...

Además de varias configuraciones mixtas de desde 3200 hasta 4535 metros de extensión, Lausitz incluye un óvalo triangular de 3200m, creado para recibir a la Champ Car en los años 2001 y 2003. A un lado del triángulo existe un segundo óvalo de 11300m, compuesto de dos curvas fuertemente peraltadas y varias chicanas a lo largo de las rectas, que se usa como pista de pruebas.



Ya que la sección interna es casi completamente plana, los espectadores de las tribunas perimetrales pueden ver todo el circuito, se utilice el óvalo o las variantes mixtas.

En su primer año de actividad, tres pilotos tuvieron accidentes graves: Michele Alboreto murió al cohcar su Audi R8 LMP en abril de 2001, un oficial de pista falleció al ser atropellado por un turismo en mayo, y Alex Zanardi perdió sus pierans al chocar un Champ Car en el óvalo en septiembre. Desde entonces, no hubo nuevos accidentes de tal magnitud.

2.5.5. Eco Shell Marathon 2011.

En esta edición, lo más destacable de la clase “E-Mobility” fueron dos nuevos récords en las categorías prototipos e hidrógeno. El equipo mecc-Sun del politécnico de Milán, diseño y construyó un coche alimentado por energía solar capaz de recorrer nada menos que 1108 Km con un solo kWh de energía.

Su coche es un diseño notable en términos de optimización de la eficacia, tanto del motor como de la carrocería. Proyectar y construir un coche capaz de recorrer toda la longitud de Italia con tan poca energía es un logro extraordinario.



El equipo politécnico de Nantes, que actualmente ostenta el título en la categoría de prototipos de pila de combustible de hidrógeno, lo ha batido con un rendimiento de 590,2 Km/kWh.

TERA TUGraz, de la Universidad técnica de Graz, compitió en la nueva categoría de prototipos de batería enchufables y marcó un hito para los años venideros con un rendimiento de 842'5 km/kWh, mientras que el equipo Fachhochschule Trier de Alemania llegó a 232'9 km/kWh, en la categoría UrbanConcept.

Los vencedores en la categoría de combustión interna fueron el equipo francés Microjoule de La Joliverie con un prototipo de gasolina que logro un rendimiento de 3688'2 km/l y DTU Roadrunners de la universidad técnica de Dinamarca, con el equivalente a 509'4 km/l con un coche UrbanConcept movido por etanol

Cada año se concede también un premio al coche que emita menos cantidad de CO₂. Este año el equipo proTron (Alemania) ha marcado un nuevo récord en la categoría UrbanConcept que ha llevado el límite de la conducción limpia a menos de 2g/km, los vencedores de la categoría de prototipos, TERA TUGraz ha construido un coche que emite sólo 0'545 g/km.

Este año por primera vez ha habido dos clases de competición, una para motores de combustión interna y otra para coches con motores eléctricos (pilas de combustible de hidrógeno, baterías enchufables y tecnología solar).

Por parte de los equipos españoles, el vehículo de la Universidad CEU Cardenal Herrera (Valencia-Elche), ha batido el nuevo récord de España al recorrer 2534 Km con el hidrógeno equivalente a un litro de gasolina, superando en un 40% la marca obtenida en 2010 que fue de 1802Km.

2.6. COCHE ANÍBAL

La universidad politécnica de Cartagena, participa en la Murcia Solar Race, con el vehículo solar *Aníbal*, del cual a lo largo del texto se trata de explicar su funcionamiento y avances tecnológicos.

El vehículo, en cuanto a su estructura eléctrica se compone de dos grandes partes, la primera de captación compuesta por paneles fotovoltaicos y regulador de carga, y la segunda de propulsión, que estaría compuesta por el conjunto baterías, controlador y motor incorporado en la rueda.



Actualmente se ha trabajado para mejorar ambas partes del compuesto eléctrico, con

la inclusión de nuevos aparatos.

Existe también una parte, que aunque no sea vital para el funcionamiento del vehículo si es para su desarrollo. Dicha parte se podría nombrar como la electrónica del coche, y es que se han implementado sistemas de comunicación tanto para datos de interés para su análisis, como el sistema de comunicación para captar en tiempo real video de lo acontecido en carrera.

Por último quizá la parte que menos haya cambiado ha sido la mecánica, aunque se ha pasado a tener una rueda más pequeña, que aunque haya sido una pérdida de velocidad, ha aumentado el par, con lo que se ha compensado. Por otra parte otro gran avance ha sido la construcción del nuevo puño, que junto con todo lo citado de la parte eléctrica hasta ahora se desarrollará más adelante.

3- BATERÍAS

3. BATERÍAS

Se denomina batería, al dispositivo electroquímico que almacena energía eléctrica, y que posteriormente la devuelve casi en su totalidad, según la capacidad del dispositivo, este proceso puede repetirse por un determinado número de veces. Se trata de un generador eléctrico que no puede funcionar sin que previamente se le haya suministrado electricidad mediante lo que se denomina proceso de carga, siendo la corriente eléctrica de carga en sentido contrario a la de descarga.

Las baterías de ciclo o descarga profunda están diseñadas para hacer frente a las exigencias de continuos procesos de carga y descarga. En general, una batería de ciclo profundo, en su estado máximo de carga, puede llegar a proveer de energía eléctrica durante 20 horas seguidas.

Se conoce como “ciclo” al tiempo que tarda una batería recargable en descargarse por completo a sus límites mínimos de carga para luego volver a cargarse en un 100% de su capacidad. Una batería de ciclo profundo está diseñada para poder llegar a descargarse, hasta en un 80% de su capacidad total de carga.



La vida útil de una batería de ciclo profundo, guarda directa relación con lo “profundo” que llega a descargarse. Mientras menos profunda se llegue a descargar la batería de ciclo profundo mayor será la vida útil de la batería. Una batería de ciclo profundo que sea descargada en un 50% en forma permanente tendrá una vida útil mayor a aquella de similares características que se descargue en un 80%.

En término medio, una batería de ciclo profundo puede llegar a cumplir 2000 ciclos durante su vida útil; descargando y cargando su energía lenta, pero constantemente. Esto equivale a aproximadamente 4 u 8 años de vida útil. Lógicamente, según el uso que se le de, cada caso es particular. En general, las variables que determinan la vida útil de una batería de ciclo profundo viene dada por:

- El uso
- El mantenimiento
- La carga y descarga

- Un poco de historia:

La historia de las baterías empezó con los estudios de Luigi Galvani (1737-1798) y Alessandro Cont di Volta (1745-1827). En 1789, Galvani, profesor de anatomía de la Universidad de Bolonia, Italia, realizando unos experimentos, se dio cuenta de que las ancas de una rana muerta empezaban a oscilar cuando entraban en contacto con dos metales distintos. Ello le sugirió que existía una conexión entre la electricidad y la actividad muscular.

La explicación del fenómeno la dio diez años más tarde, Volta profesor de física de la Universidad de Pavía, Italia, el cual descubrió que la causa de tales movimientos crispantes de las ancas de la rana se hallaban en el paso de una corriente eléctrica producida por los dos metales diferentes, investigó como producir electricidad por reacciones químicas y en 1800 construyó la primera batería simple: colocó una serie de pequeñas placas de cinc y plata, en pares, una encima de la otra, separando cada par de placas por una tela humedecida con agua salada; este conjunto produjo una corriente eléctrica y fue este el origen de la primera pila eléctrica. Tardó poco en perfeccionarla reemplazándola por una pila de dos elementos, cobre y cinc, sumergidos en una solución de ácido sulfúrico contenida en un recipiente.

En esta sencilla pila primaria, las placas de cinc y de cobre están separadas por el electrolito. Si se conectan con un alambre, la corriente eléctrica fluye a través del conductor, pero tan pronto quitamos el alambre interrumpiendo el circuito, deja de fluir. Esta pila no dura indefinidamente, ya que el ácido sulfúrico ataca al cinc, y cuando éste se consume, la pila se agota. Para reactivarla, será necesario reponer la placa de cinc y el ácido del electrolito. Debido a las reacciones químicas que tienen lugar dentro de la pila, se desprenden pequeñas burbujas de hidrógeno que se adhieren al electrodo de cobre y forman una capa aislante; cuando esto sucede, la corriente no pasa y se dice que la pila está polarizada. Para eliminar este inconveniente, se agregan ciertas sustancias químicas que se combinan con el hidrógeno y evitan los efectos polarizantes.

Johann Wilhelm Ritter, que trabajaba con Goethe en el área de las ciencias naturales, desarrolló, en 1802, una batería, la denominada "pila de Ritter". La pila la constituían varios discos de cobre y cartón empapados en sal y colocados uno sobre el otro. Este dispositivo podía cargarse con corriente eléctrica y al descargarse suministraba corriente. Se considera la forma primitiva de las baterías.

3.1. DIFERENCIAS ENTRE PILA, BATERÍA Y ACUMULADOR

El término pila, se emplea para denominar los generadores de electricidad que convierten la energía química en energía eléctrica por un proceso químico transitorio no reversible; mientras que batería, como ya hemos dicho antes, se aplica generalmente a dispositivos electroquímicos semi-reversibles, es decir, que se pueden recargar.

Tanto pila como batería son términos provenientes de los primeros tiempos de la electricidad, en los que se juntaban varios elementos o celdas: en el primer caso uno encima de otro, "apilados", y en el segundo, adosados lateralmente, "en batería", como se sigue haciendo en la actualidad, para así las características de la batería. Por lo que cualquiera de los dos nombres serviría para cualquier tipo.

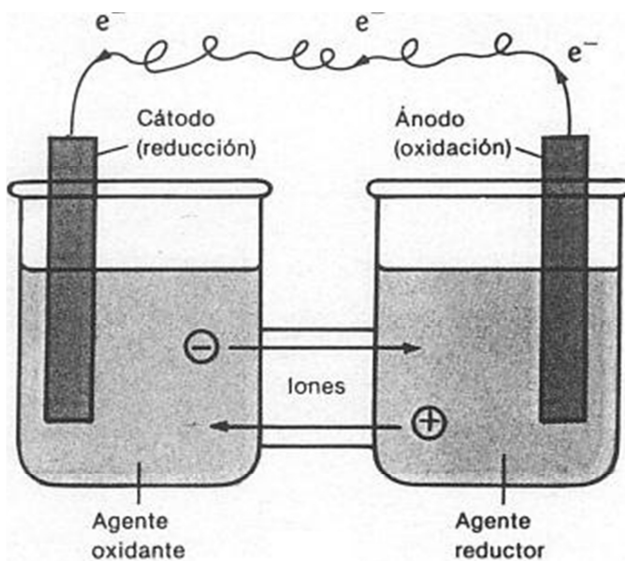
El término "acumulador" se aplica indistintamente a uno u otro concepto, y se clasifica por su:

- Constitución:
 - De plomo.
 - De níquel.
 - De plata.
- Función:
 - Arranque.
 - Tracción.
 - Estacionarios.
 - Portátiles.

La batería de arranque proporciona la energía eléctrica necesaria para el motor de arranque de un motor de combustión. Las baterías que se usan como fuente de energía para la tracción de un vehículo eléctrico se les denominan baterías de tracción. Los vehículos híbridos pueden utilizar cualquiera de los dos tipos de baterías mencionados.

3.2. FUNCIONAMIENTO

Todas los tipos de baterías que existen son similares en cuanto a su construcción pues están compuestas por un número determinado de celdas electroquímicas, cuyo funcionamiento está basado esencialmente en un proceso reversible llamado



Esquema de una batería

reducción-oxidación, también conocido como "redox", en este proceso uno de los electrodos en este caso el ánodo (positivo) se oxida, es decir, pierde electrones, mientras que el cátodo (negativo), se reduce, es decir, gana electrones. Ambos componentes están separados de manera que los electrones deben atravesar un alambre de la sustancia reductora hacia la oxidante, como se puede observar en la imagen. La corriente eléctrica fluye del ánodo al cátodo porque hay una diferencia de potencial entre los electrodos.

Por lo cual en este proceso de generación de electricidad, los componentes no resultan consumidos ni se pierden, sino que simplemente cambian su estado de oxidación, que a su vez pueden retornar al estado primero en las circunstancias adecuadas. Estas circunstancias son, en el caso de los acumuladores, el cierre del circuito externo, durante el proceso de descarga, y la aplicación de una corriente, igualmente externa, durante la carga.

Este tipo de procesos son bastante comunes, en las relaciones entre los elementos químicos y la electricidad, durante el proceso denominado electrólisis, y en los generadores voltaicos o pilas.

3.2.1. Carga y descarga

Para descargar una batería basta con poner cualquier carga entre sus electrodos, produciéndose una reacción. En cuanto existe un circuito exterior por donde pueda pasar la corriente el ácido sulfúrico del electrolito ($\text{SO}_4 \text{H}_2$) se disocia y pasan las moléculas de (SO_4) al plomo de las placas formando en ella sulfato de plomo; por otra parte, los átomos de H_2 del ácido sulfúrico roban el oxígeno del peróxido de plomo de la placa positiva (PbO_2) formando agua (HO_2) de menor densidad que el ácido, con lo cual rebaja la del electrolito. Conforme se va descargando se genera más sulfato de plomo en las placas.

Si una batería se descarga muy a fondo, es muy posible que no habiendo suficiente plomo esponjoso en las placas negativas se forme sulfato a costa del armazón de la placa. A esto se le llama sulfatación de la batería y es una avería grave.

Si cuando está descargada la batería se hace pasar por ella la corriente eléctrica de un generador, se produce la carga o almacenamiento de electricidad. Como hay más proporción de agua en el electrolito al pasar la corriente eléctrica la descompone liberando hidrógeno el cual se apodera del SO_4 del sulfato de plomo de ambas placas, restableciendo el ($\text{SO}_4 \text{H}_2$) ácido sulfúrico que se habría disociado en la descarga. El oxígeno del agua pasa a oxidar el plomo de la placa positiva que recupera el PbO_2 mientras que en la placa negativa queda plomo poroso (Pb).

La concentración o densidad de ácido en el electrolito es variable con arreglo al estado de carga de la batería. Al descargarse se rebaja y al cargarse se recupera.

El cargador más utilizado en la actualidad es el rectificador de corriente, está compuesto por: un transformador, un conmutador de tensión, un grupo rectificador y un reóstato. Funciona conectando el primario del transformador a la red, en los diferentes secundarios del transformador se obtiene una tensión eléctrica apropiada para la carga de baterías. Mediante el reóstato se puede regular la intensidad de la corriente que se establece en el circuito externo desde el borne positivo al negativo del cargador. El rectificador es del tipo onda completa y está constituido por dos o cuatro diodos que consiguen transformar la corriente alterna en corriente continua. Cualquiera que sea el tipo de cargador, la conexión a baterías al cargador se realiza por medio de cables provistos de pinzas, cuyas fundas son de color rojo para el positivo y de color negro para el negativo.

La temperatura óptima de carga debe ser de entre 15 y 25 °C. El valor óptimo de la corriente de carga debería ser la décima parte de la capacidad de la batería y para cargas “rápidas” como mucho un tercio de la capacidad. Si el voltaje de carga es superior a 2,4 V por célula (en el caso de baterías de 12 V) entonces hay peligro de corrosión de la malla, cosa que se puede observar visualmente por la emisión de gases. Es por ello que la batería no debe cargarse hasta el máximo con corrientes altas. Un dispositivo de carga rápida puede recargar una vacía de plomo rápidamente, pero solo hasta el 70%, a partir de ese momento se debería cargar con corrientes más reducidas para evitar la corrosión de la malla.

3.2.2. Sobrecarga e inactividad

Debido a la inactividad de una batería durante un largo periodo de tiempo, ésta se descarga progresivamente. Durante este proceso se forma sulfato de plomo en las placas. A simple vista parece una reacción en forma de polvo, pero realmente se trata de diminutos cristales. Estos tienen una superficie importante, que hacen posible una reacción rápida durante la carga. Por otro lado cuentan con la desventaja de que los cristales se unen en sí. Si el desuso es muy prolongado, entonces se forman cristales duros de mayor tamaño. Este proceso reduce la capacidad de la batería, además los cristales apenas pueden destruirse aplicando voltaje. Todo ello conlleva una caída drástica de la capacidad de la batería, que se denomina Sulfatación de cristales gruesos, y que a la larga supone el fin de la vida de la batería. Es por ello importante comprobar que la batería esté lo suficientemente cargada.

En el mercado existen diferentes dispositivos que pueden evitar la formación de sulfatación de cristales gruesos. El más frecuente es un condensador de gran capacidad que en caso de descarga, aplica picos de corriente elevados, esto ocurre varias veces por minuto para prevenir que los cristales se unan. Esto también puede conseguirse aplicando la propia resonancia de los cristales de sulfato.

En caso de inactividad durante un tiempo, se conviene retirar el polo negativo de la batería y conectarlo a un dispositivo de mantenimiento de carga. Estos dispositivos tienen una corriente de carga muy reducida (aprox. de 50 a 100 mA), a un voltaje de 14,4 V. Esta corriente equilibra la descarga paulatina de la batería sin provocar ningún daño. Existen dispositivos en el mercado que funcionan con energía solar y que una vez conectados ya no es necesario retirar el polo negativo.

Cuando una batería está completamente cargada y se produce un exceso de carga, es decir, sigue recibiendo corriente de intensidad elevada, se produce una descomposición rápida del agua del electrolito, lo que puede llevar a un cortocircuito, y hará que el hidrógeno liberado no tenga bastante sulfato con el que combinarse y saldrá en burbujas por los respiraderos de los tapones de los vasos, como resultado de este proceso se forman oxígeno e hidrógeno, los cuales dan lugar a oxihidrógeno, de alta explosividad. Al mismo tiempo el oxígeno liberador no encontrando ya bastante plomo del sulfato con el que combinarse lo hará con el del armazón, oxidante, con lo que el enrejado de las placas positivas se hincha y estas se tuercen y deshacen.

También, un cargador que no esté debidamente calibrado puede llevar a la sobrecarga. Durante la carga el sulfato de plomo se transforma tanto en plomo como en dióxido de plomo, pero ya que la corriente de carga sigue fluyendo en exceso, se ataca al plomo de la malla. Con todo ello aumenta el volumen de la malla y la durabilidad de los materiales compactados disminuye.

La sobrecarga puede dañar a la batería por los siguientes motivos.

- Una fuerte corrosión y descomposición de las rejillas positivas.
- La descomposición del agua arrastra materia activa.
- Una fuerte concentración de electrolito sobre todo a altas temperaturas y durante mucho tiempo deteriora los elementos.

3.2.3. Prevenciones

- Corrosión:

Los constantes ciclos de carga y descarga provocan una ininterrumpida alteración química de los materiales comprimidos: plomo, dióxido de plomo o sulfato de plomo. Esto lleva consigo una desintegración progresiva del compuesto. Los materiales compactados se van descomponiendo, depositándose en el fondo; a esto se denomina lodiificación. La también creciente descomposición de la malla, denominada corrosión de malla, provoca una pérdida de capacidad de las células. Para limpiar los bornes de suciedad y de restos sulfatados se debe utilizar solo un cepillo de metal y agua o una solución de agua con bicarbonato (una cucharada por un litro de agua).

En el fondo de las células hay hendiduras donde se deposita el lodo, pero puede llegar un momento que estos se llenen, y parte del depósito haga contacto con las células; lo que provoca un cortocircuito entre una o varias células. A este fenómeno se denomina patinaje. Este problema se pone especialmente de manifiesto cuando una batería con pozos no está en posición vertical. Es por ello (así como por la ausencia del estrés mecánico propio de un vehículo en movimiento) que las baterías estacionarias tienen una duración mayor. Poco antes del patinaje ya la batería a duras penas puede proveer la corriente necesaria para arrancar el coche (especialmente a bajas temperaturas).

Se debe limpiar el exterior de la batería sólo cuando sea necesario. Para ello puede utilizar agua de la llave. Hay que procurar que los tapones de la batería estén puestos y cerrados para evitar que el agua entre en contacto con el electrolito (el líquido conductivo al interior de las baterías compuesto por ácido sulfúrico y agua destilada). No debe utilizarse ningún tipo de solvente o limpiadores para limpiar la superficie externa.

- Influencia de la temperatura:

La batería disminuye su capacidad con la disminución de la temperatura. Hay diferentes sistemas disponibles en el mercado para evitar una temperatura demasiado

baja así como para elevar la temperatura. Las baterías terminan su ciclo normalmente en invierno ya que la pérdida de capacidad es mayor a bajas temperaturas y a menudo no pueden proporcionar un arranque prolongado a temperaturas reducidas. A -20°C solo está disponible la mitad de la capacidad normal. Es por ello que en lugares con inviernos muy duros se desmonta la batería durante la noche para depositarla en un cuarto caliente.

- Contaminación

Las baterías contienen metales pesados y compuestos químicos, muchos de ellos son tóxicos y perjudiciales para las personas y para el medio ambiente. Es muy importante no tirarlas a la basura y llevarlas a un centro de reciclado o a un taller especializado.

Antiguamente a algunos tipos de batería, se les agregaba mercurio (entre 0,5 a 1,2%) para optimizar su funcionamiento, sobrepasando los límites de 0,025% establecidos en el Protocolo sobre metales pesados adoptado en 1998 en Aarhus, Dinamarca, por los países miembros de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (UNECE).

El mercurio es un contaminante por excelencia. La química ambiental correspondiente a este metal tóxico es muy compleja, dadas sus propiedades; se evapora a temperatura ambiente y sus átomos se propagan muy lejos; al ser depositado en los cuerpos de agua se transforma en mercurio orgánico (metil-mercurio) por mecanismos aeróbicos o anaeróbicos; es así como se contaminan, entre otros, los pescados y mariscos. Otra forma de intoxicación por mercurio es la inhalación de los vapores emitidos por el mercurio en su forma metálica en ambientes cerrados.

El óxido de manganeso contenido en otras baterías es el contaminante que en mayor volumen se ha liberado al medio ambiente en las últimas cuatro décadas, lo que representa aproximadamente 145,917 toneladas. Respecto de los efectos adversos ocasionados en la salud humana por esta sustancia, diversos estudios sugieren efectos neurológicos serios por exposición oral al manganeso.

- Cuidado de la batería

Los tipos de baterías de ciclo profundo cerradas o de gel no requieren de ningún tipo de mantención. Sin embargo, las baterías abiertas o líquidas si requieren de mantención para lograr que operen en óptimas condiciones.

- Aspectos a tener en cuenta:

- Es recomendable que permanezcan en un sitio fresco (15°C).
- Cuando se vayan a almacenar mucho tiempo, se recomienda dejarlas con carga intermedia (40%). Asimismo, se debe evitar mantenerlas con carga completa durante largos períodos.
- La primera carga no es decisiva en cuanto a su duración.

- Es preciso cargarlas con un cargador específico para su tecnología. Usar un cargador inadecuado dañará la batería y puede hacer que se incendie.
- Existen también bolsas especiales en donde se las guarda al momento de cargarlas en caso de que se incendien ya que estas baterías son muy delicadas.

- Nivel de líquido:

También las baterías que no precisan de mantenimiento se deben inspeccionar de forma regular para comprobar si el nivel de líquido es el adecuado. El nivel del líquido debería estar a 10 mm sobre el nivel canto de las placas. Si realizamos la inspección después del uso de la batería, veremos que las placas, despiden un poco de gas, este es un indicador de que el agua se gasifica y por ello se pierde. Si el nivel del líquido disminuye de forma que las placas no están totalmente cubiertas, entonces la capacidad de la batería disminuye y la zona seca se deteriora de forma irreversible.

La solución al problema puede parece obvia: reducir el voltaje de carga, para que la batería no despidan gases. La reducción del voltaje de carga en 0,1 V provoca que la batería no se cargue del todo además de otras consecuencias de mayor gravedad. Es por ello de gran importancia comprobar el nivel del líquido en las células. De ser necesario se ha de rellenar cada una de las células con agua destilada. Las células solo se deben cerrar con el tapón original.

También hay que tener en cuenta que en cada compartimiento debe existir el mismo nivel de electrolito. Si es necesario aumentar el nivel utilice sólo agua destilada para rellenar. Para ello retire el tapón superior y vierta agua destilada hasta cubrir las placas y vuelva a colocar el tapón.

3.3. TECNOLOGÍAS

Las baterías de ciclo profundo se pueden clasificar en dos tipos de baterías:

- Las húmedas o abiertas, con el electrolito en estado líquido.
- Las baterías cerradas. En ellas el electrolito se encuentra en forma de gel. Tienen la ventaja que pueden ser colocadas en forma horizontal o vertical y no requieren de mantención.

Existen multitud de tipos de acumuladores en el mercado, cada uno de ellos diseñada para un tipo de aplicación determinado, aquí voy a tratar de explicar el funcionamiento y características principales de algunas de ellas: ion Litio, Plomo y ácido, Níquel - Cadmio, Níquel - hidruro metálico, polímero de Litio y gel.

3.3.1.IÓN litio

La batería de iones de Litio, también denominada batería Li-Ion, es un dispositivo diseñado para el almacenamiento de energía eléctrica, emplea como electrolito una sal de Litio que procura los iones necesarios para la reacción electroquímica reversible que tiene lugar entre el cátodo y el ánodo.

Estas baterías utilizan un ánodo de grafito o carbón y un cátodo de óxido de cobalto, trifilina (LiFePO_4) u óxido de manganeso. Permite llegar a altas densidades de capacidad. No admiten descargas, y sufren mucho cuando éstas suceden por lo que suelen llevar acoplada circuitería adicional para conocer el estado de la batería, y evitar así tanto una sobrecarga, como una descarga completa. Apenas sufren el efecto memoria y pueden cargarse sin necesidad de estar descargadas completamente, sin reducción de su vida útil. No admiten bien los cambios de temperatura.

Sin embargo, su rápida degradación y sensibilidad a las elevadas temperaturas, las cuales pueden terminar en inflamación o incluso explosión, requieren que en este tipo de baterías se incluyan dispositivos adicionales de seguridad, obviamente debido a esto, el coste de mercado se ve aumentado, por lo que su extensión a multitud de áreas y aplicaciones se ha visto truncado por este factor.



Lo que caracteriza a este tipo de baterías es que, en lugar de tener como electrolito conector de los electrodos una disolución acuosa o una pasta a base de agua, emplean Litio en estado sólido. Hay que tener en cuenta que existen en el mercado muchas combinaciones de Litio, lo que puede llevar a muchas características diferentes.

- Ventajas:

Esta tecnología se ha situado como la más interesante en su clase en aparatos eléctricos y electrónicos gracias a sus variadas ventajas:

- Una elevada densidad de energía: Acumulan mucha mayor carga por unidad de peso y volumen.
- Poco peso: A igualdad de carga almacenada, son menos pesadas y ocupan menos volumen que las de tipo Ni-MH y mucho menos que las de Ni-Cd y Plomo.
- Gran capacidad de descarga. En el mercado, las llamadas "Lipo" Litio-ión Polímero, se pueden descargar totalmente en menos de dos minutos.
- Poco espesor: Se presentan en placas rectangulares, con menos de 5 mm de espesor.
- Alto voltaje por célula: Cada batería proporciona 3,7 voltios, lo mismo que tres baterías de Ni-MH o Ni-Cd (1,2 V cada una).

- Carecen de efecto memoria.
- Descarga lineal: Durante toda la descarga, el voltaje de la batería varía poco, lo que evita la necesidad de circuitos reguladores. Esto es una ventaja, ya que hace muy fácil saber la carga que almacena la batería.
- Larga vida en las baterías profesionales para vehículos eléctricos. Algunos fabricantes muestran datos de más de 3.000 ciclos de carga y descarga para una pérdida de capacidad del 20% a C/3.
- Un alto rendimiento.
- Facilidad para saber la carga que almacenan. Basta con medir, en reposo, el voltaje de la batería. La energía almacenada es una función del voltaje medido.
- Muy baja tasa de autodescarga: Cuando guardamos una batería, ésta se descarga progresivamente aunque no la usemos. En el caso de las baterías de Ni-MH, esta "autodescarga" puede suponer más de un 20% mensual. En el caso de Li-Ion es de menos un 6% en el mismo periodo. Mucha de ellas, tras seis meses en reposo, pueden retener un 80% de su carga.
- Al cargarse no se calientan.

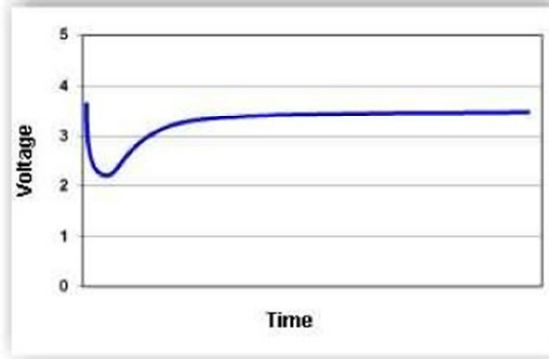
- Inconvenientes:

A pesar de todas sus ventajas, esta tecnología no es el sistema perfecto para el almacenaje de energía, pues tiene varios defectos, como pueden ser:

- Duración media: Depende de la cantidad de carga que almacenen, independientemente de su uso. Tienen una vida útil de unos 10 años o más si se almacenan con un 40% de su carga máxima.
- Soportan un número limitado de cargas: entre 500 y 600, menos que una batería de Ni-Cd e igual que las de Ni-MH.
- Son costosas: Su fabricación es más costosa que las de Ni-Cd e igual que las de Ni-MH, si bien actualmente el precio baja rápidamente debido a su gran penetración en el mercado, con el consiguiente abaratamiento.
- Pueden sobrecalentarse hasta el punto de explotar: Están fabricadas con materiales inflamables que las hace propensas a detonaciones o incendios, por lo que es necesario dotarlas de circuitos electrónicos que controlen en todo momento la batería.
- Peor capacidad de trabajo en frío: Ofrecen un rendimiento inferior a las baterías de Ni-Cd o Ni-MH a bajas temperaturas, reduciendo su duración hasta en un 25%.

- Fenómeno de la pasivación:

La pasivación consiste en la formación de una película de cloruro de Litio (LiCl) en la superficie del ánodo. De algún modo sirve para evitar la autodescarga, cuando la batería no está siendo usada. Esta delgada película trabaja básicamente como una resistencia, la cual puede producir una caída de tensión o "retraso" en la entrega de energía tal como se ve en esta imagen.



Conforme la batería va siendo usada, se va estabilizando y esta fina película va desapareciendo por completo. El problema está en que la caída de tensión puede ser muy abrupta, de modo que cuanto mayor sea la energía requerida al principio, más acusado puede ser el problema. Cuando dejamos de usar la batería, la película vuelve a formarse.

Este fenómeno depende de:

- Diseño y constitución de la batería.
- Tiempo sin usar: cuanto mayor sea este tiempo, más gruesa será la capa de LiCl.
- Temperatura de almacenamiento. A mayor temperatura, mayor pasivación.
- Temperatura de uso: en condiciones frías, este efecto será más "visible".
- Ciclos repetidos de pequeñas descargas separadas por el tiempo, acentúan el problema.

- Composición de una batería Li-Ion:

1. Cubierta del Cátodo.
2. Junta.
3. Aislante.
4. Contacto externo del Cátodo.
5. Orificio de seguridad.
6. PTC (resistencia seguridad).
7. Separador.
8. Separador.
9. Aislante.
10. Pin central.
11. Contenedor del ánodo.
12. Cátodo.
13. Contacto externo del ánodo.
14. Ánodo.



La batería incluye dos elementos de seguridad: una PTC o resistencia que se incrementa en función de la temperatura, y un orificio o válvula por si se producen gases. El principio de funcionamiento es bastante sencillo, pues conforme la batería se carga o descarga, los iones de Litio se mueven de un lugar a otro.

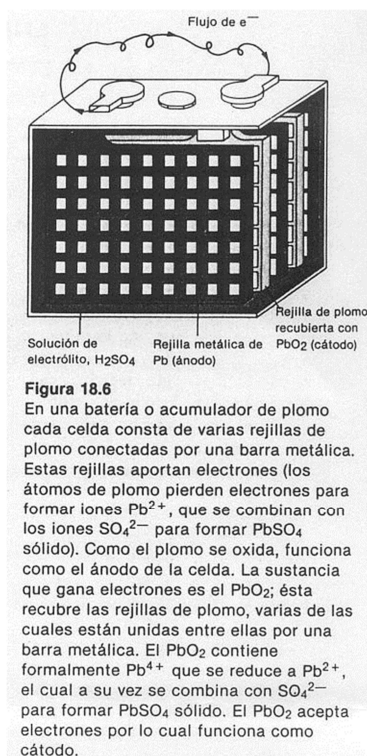
Como ya hemos dicho al principio existen dos tipos de ánodos y dependiendo de cuál usemos, tenemos una tensión de carga u otra:

- Ánodo de grafito: tensión de final de carga de 4.1V.
- Ánodo de carbón: tensión de final de carga de 4.2v.

Por tanto, al llegar a esa tensión la carga debe pararse inmediatamente. La precisión exigida es del 1%, si la sobrepasamos podemos acortar el ciclo de vida de la batería, y si no se llega a esa tensión la carga no será completa. El método de carga más usado es el conocido como "corriente constante - tensión constante", consiste en empezar la carga con una corriente constante, y cuando se aproxima al final, se le introduce una tensión constante. Hay otros métodos más simples pero quizás más lentos. Lo importante es parar la carga cuando se alcanza el límite. Estas baterías tienen un rendimiento energético muy bueno durante la carga: casi toda la energía que reciben se usa para cargar la batería.

3.3.2. Plomo ácido

En 1859 Gastón Planté, descubrió cuando el material de plomo se sumergía en una solución de ácido sulfúrico se producía un voltaje eléctrico el cual podía ser recargado. Hoy día, el acumulador de plomo sigue utilizándose en multitud de medios de transporte, y ha sido el tipo de batería más usada en el mundo.



Este tipo de batería contiene un grupo de células conectadas en serie. Cada célula consiste en una serie de placas alternadas, la negativa recubierta de plomo esponjoso, y la positiva de dióxido de plomo, dentro de un depósito de una disolución electrolítica de ácido sulfúrico. Para evitar la combadura de las placas positivas, se dispone una negativa adicional, de forma que siempre haya una placa negativa exterior. Cuando el aparato está descargado, se encuentra en forma de sulfato de plomo ($PbSO_4$) incrustado en una matriz de plomo metálico (Pb), pueden recargarse creándose una corriente en sentido opuesto a la que fluye cuando el acumulador está completamente cargado.

La tendencia de los electrones a fluir desde el ánodo hasta el cátodo de la batería, depende de la capacidad del agente reductor para liberar electrones en un cierto tiempo y la capacidad del agente oxidante para capturarlos. Si la batería está formada por una sustancia oxidante con alta afinidad electrónica, los electrones viajan a través del alambre conector con gran fuerza y proporcionan una considerable energía eléctrica.

Según el número de placas, la intensidad suministrada será mayor o menor. Debajo de las placas se deja un espacio para que se depositen eventuales desprendimientos de los materiales que forman las placas. Para que no haya contacto eléctrico directo entre placas positivas y negativas, se disponen separadores aislantes que deben ser resistentes al ácido y permitir la libre circulación del electrolito

Su funcionamiento es el siguiente:

- Durante el proceso de carga inicial, el sulfato de plomo es reducido a plomo metal en el cátodo, mientras que en el ánodo se forma óxido de plomo (Pb O_2). En este proceso no se libera hidrógeno, ya que la reducción de los protones a hidrógeno elemental está cinéticamente impedida en una superficie de plomo, característica favorable que se refuerza incorporando a los electrodos pequeñas cantidades de plata. El desprendimiento de hidrógeno provocaría la lenta degradación del electrodo, ayudando a que se desmoronasen mecánicamente partes del mismo, alteraciones irreversibles que acortarían la duración del acumulador. Sólo si se supera la tensión de carga recomendada se libera hidrógeno, se consume el agua del electrolito y se acorta la vida de las placas, con el consiguiente peligro de explosión por la combustibilidad del hidrógeno.

- Durante la descarga se invierten los procesos de la carga. El óxido de plomo (IV), que ahora ejerce de cátodo, es reducido a sulfato de plomo (II), mientras que el plomo elemental es oxidado en el ánodo para dar igualmente sulfato de plomo (II). Los electrones intercambiados se aprovechan en forma de corriente eléctrica por un circuito externo. Se trata, por lo tanto, de una conmutación.

Los procesos elementales que trascurren son los siguientes:

- Reacción del Ánodo: $\text{Pb} + \text{H SO} \rightarrow \text{PbSO} + 2\text{H} + 2\text{e}$ (oxidación)
- Reacción del Cátodo: $\text{PbO} + \text{H SO} + 2\text{e} + 2\text{H} \rightarrow \text{PbSO} + 2\text{H O}$ (reducción)
- Reacción Total: $\text{Pb(s)} + \text{PbO (s)} + 2\text{H SO (aq)} \rightarrow 2\text{PbSO (s)} + 2\text{H O (l)}$



Durante el proceso de descarga, baja la concentración del ácido sulfúrico, porque se crea sulfato de plomo y aumenta la cantidad de agua liberada en la reacción. Como el ácido sulfúrico concentrado tiene una densidad superior a la del ácido sulfúrico diluido, la densidad del ácido puede servir de indicador para el estado de carga del dispositivo. No obstante, este proceso no se puede repetir indefinidamente, porque el acumulador se sulfata y es necesario sustituirlo por otro nuevo, debido a que pierde sus cualidades químicas y eléctricas. Los acumuladores de este tipo que se venden actualmente utilizan un electrólito en gel, que no se evapora por lo que es menos contaminante, haciendo mucho más segura y cómoda su utilización.

Cuando varias celdas se agrupan para formar una batería comercial, reciben el nombre de "vasos", que se conectan en serie para proporcionar un mayor voltaje. Dichos vasos se almacenan dentro de una caja de polipropileno copolímero de alta

densidad con compartimientos estancos para cada celda. La tensión suministrada por una batería de este tipo se encuentra normalizada en 12 Voltios si posee 6 elementos o vasos.

- Ventajas:

- Bajo coste.
- Fácil fabricación.
- Gran capacidad de corriente.
- Alta fiabilidad
- Gran vida de ciclo.
- Alto rango de entrega de corriente.

Estudios demuestran que la pila de plomo-ácido tiene una densidad energética de aproximadamente 20 veces mayor que la de las pilas de níquel-cadmio o níquel-hierro.

- Desventajas:

- No admiten sobrecargas ni descargas profundas, pues disminuye su vida útil.
- Altamente contaminantes.
- Baja densidad de energía: 30 Wh/Kg
- Peso excesivo, por estar compuesta principalmente de plomo. Por esta razón su uso en automóviles eléctricos es nulo, mientras que es más normal encontrarlas en fuentes de alimentación ininterrumpidas para equipos médicos.

La tecnología del plomo-ácido puede variar según las diferentes necesidades existentes. Las baterías se clasifican en grupos según el uso que estas tengan y por su diseño. Las diferencias principales entre estos grupos se dan por la estructura y diseño de los electrodos (ó placas), el material activo y el electrolito.

Los tipos más comunes de baterías de plomo más comunes son:

- Baterías de tracción: para carretillas elevadoras, sillas de ruedas eléctricas y automóviles eléctricos.
- Baterías estacionarias: para fuentes de alimentación de emergencia y fuentes de alimentación ininterrumpida para usos de informática (UPS).
- Baterías de arranque: para arrancar automóviles y otros vehículos de motor diesel y gasolina.

Aparte, también hay baterías especiales para otras áreas tales como control remoto, herramientas portátiles, motores de carretillas etc.

3.3.3. Níquel Cadmio (Ni-Cd)

Son las más habituales aunque contienen cadmio, un metal pesado que representa un peligro ecológico. Exteriormente tienen la misma forma y tamaño de las pilas. Interiormente están constituidos por dos electrodos, el cátodo de hidróxido de níquel y el ánodo de un compuesto de cadmio, separados entre sí por un electrolito de hidróxido de potasio. Llevan también un separador situado entre el electrodo positivo y la envoltura exterior y un aislante que las cierra herméticamente para evitar pérdidas.

Esta configuración de materiales permite recargar la batería una vez está agotada, para su reutilización. Sin embargo, su densidad de energía es de tan sólo 50 Wh/kg, lo que hace que tengan poca capacidad. Una característica peculiar de este tipo de baterías, es que admiten sobrecargas, es decir, que se pueden seguir cargando cuando ya no admiten más carga, aunque no la almacena. Admiten un gran rango de temperaturas de funcionamiento.

Sus aspectos más positivos son el precio, sus altas corrientes, su buen funcionamiento a bajas temperaturas y su vida, pues aguanta unos 1000 - 1500 ciclos de carga y descarga. Por contra, tienen el efecto memoria, su limitada densidad energética, y que son contaminantes. El efecto memoria se produce en las baterías Níquel-Cadmio, y ocurre al recargar una batería que no se ha agotado suficientemente. Si una batería que se ha gastado hasta el 20% de su capacidad se recarga, su capacidad se reducirá a un 80% del valor inicial. Esto se debe a que si se recarga antes de la descarga casi completa, los cristales de Níquel y Cadmio se acumulan y crecen, lo que termina por romper el separador aislante y producir altos niveles de auto descarga o un cortocircuito.

Para evitar el efecto memoria basta con que la primera carga de la batería sea muy larga, más o menos el doble de lo normal y se deje descargar casi completamente cada semana o cada mes según el uso. De modo que, cuando se vea que empiezan a perder energía, dejar el equipo encendido hasta que se agoten completamente

Existen otros tipos distintos de pilas con Níquel:

- Pilas de hidróxido de níquel-zinc: están bajo investigación y si su vida puede ser alargada, podrían ser un viable sustituto para las pilas de níquel-cadmio.
- Pilas de hidróxido de níquel-hierro: este tipo de pilas puede proveer miles de ciclos, pero al recargar necesitan mucha energía y al funcionar se calientan más de lo deseado.

3.3.4. Níquel – Hidruro Metálico (Ni – MH)

Es un tipo de batería recargable, que al igual que en las baterías de NiCd, emplea un ánodo de hidróxido de níquel ($\text{Ni}(\text{OH})_2$), pero su cátodo es de una aleación de hidruro metálico, por lo que eliminamos así el costoso y contaminante Cadmio de la batería.

La primera batería de NiMH destinada al mercado de consumo aparece en 1989 como una variación de la pila de níquel e hidrógeno de los años 70. El desarrollo del electrodo positivo fue hecho por el Dr. Masahiko Oshitani de la empresa GS Yuasa, que fue el primero en desarrollar la tecnología de electrodos de pasta de alta energía. La asociación de este electrodo con las aleaciones híbridas de alta energía para el electrodo negativo, descubierto por Philips Laboratories y el Centre National de la Recherche Scientifique de Francia en los años 70, permitieron crear la batería de NiMH.

Este tipo de baterías se encuentran menos afectadas por el llamado efecto memoria. No admiten bien el frío extremo, reduciendo drásticamente la potencia eficaz que puede entregar. También ofrecen una mejora en torno a un 40% de capacidad suplementaria respecto a las de Níquel - Cadmio de un volumen equivalente. Son un poco más ligeras y tienen una vida media de unas 600 a 700 ciclos de carga. Por otra parte, presentan una mayor tasa de autodescarga que las de NiCd (un 30% mensual frente a un 20%), lo que hace que estas se utilicen en trabajos de largos periodos entre consumo, mientras que son desplazadas por las NiMH en el de consumo continuo. Se usan habitualmente portátiles y teléfonos móviles.

Cada célula de Ni-MH puede proporcionar un voltaje aproximado de 1,2 voltios y una capacidad entre 0,8 y 2,9 amperio-hora. Su densidad de energía llega a los 80 Wh/kg. Los ciclos de carga de estas baterías oscilan entre las 500 y 700 cargas, algunos de sus inconvenientes son las altas temperaturas que alcanzan en las cargas o en los usos.

3.3.5. Polímero de litio (LIPO)

Las baterías Lipo, a diferencia de las de Li-Ion, están compuestas por Litio y polímero, lo que les da un aspecto blando y algo desgarrado, aunque bastante delgado y ligero. Son una variación de las baterías de iones de Litio, y sus características son muy similares, pero permiten una mayor densidad de energía, así como una tasa de descarga bastante superior. Tienen una densidad de energía de entre 5 y 12 veces las de Ni-Cd ó Ni-MH, a igualdad de peso



Estas baterías tienen un tamaño más reducido respecto a las de otros componentes. Su tamaño y peso las hace muy útiles para equipos pequeños que requieran potencia y duración. Normalmente estas baterías se usan para alimentar helicópteros, aviones

o coches de radiocontrol, esto es debido a que con apenas 220 gramos de peso y unas dimensiones de 45x140x12 mm, la batería de la foto puede entregar entre 6,5 y 8,5 voltios con una fuerza de 5 amperios.

Necesitan un cargador especial, compuesto por una fuente de alimentación capaz de entregar entre 8 y 14 voltios con una intensidad de, al menos, 3 amperios y un cargador. Como se puede ver en la imagen, la fuente de alimentación va conectada al cargador, y el cargador a la batería. El tiempo de recarga de la batería es de aproximadamente 4 horas cuando se encuentra completamente vacía. Las baterías de menos amperaje tardan bastante menos. Durante esta operación, el cargador y el alimentador alcanzan una temperatura considerable. Al contrario que las baterías de Ni-Cd o NiMH, éstas no producen un pico de tensión al alcanzar la máxima carga.

Esta batería, aunque su nominal es de 7.4 Voltios, cuando está cargada ofrece aproximadamente 8.5 Voltios, que se van descargando lentamente con el consumo hasta unos 6.30 Voltios. A partir de este valor la carga de la batería cae rápidamente y por debajo de los 6 voltios puede dañarse. Las baterías de Lipo no pueden descargarse completamente y quedan inutilizadas si esto sucede, debido al funcionamiento de su química.

Los enemigos de una batería de LIPO son:

- La temperatura: este tipo de baterías son muy susceptibles a altas temperaturas, de modo que tiene que estar muy bien ventiladas e intentar no dejarlas en lugares calurosos o al sol.
- Una descarga excesiva, es fundamental evitarlas, para ello, es interesante que la electrónica del aparato donde la vayamos a integrar cuente con un corte de potencia de seguridad, es decir, que cuando quede poca batería corte la potencia, además, puede permitirnos un rearme de la potencia, bajándola al mínimo y subiéndola de nuevo.
- Los cortocircuitos, pues si éste se produce, provoca una subida de temperatura y un rápido desgaste.
- Falta de balance entre las distintas celdas de la batería, lo cuál se evita con un cargador balanceador, que carga cada celda por separado, reequilibrando la carga.
- No abusar de descargas al máximo de capacidad de descarga.

Actualmente existen en el mercado algunos aparatos que pueden ser de mucha utilidad para cuidar nuestras baterías LIPO. El primero es un medidor de carga de la lipo, como el que se muestra en la imagen. Se conecta al puerto de carga de la LIPO, y nos dice qué tensión tiene la batería. Es muy útil para saber si su nivel de carga y cuánto tiempo aproximado de uso nos queda.



Otro aparato, es un avisador visual de leds y acústico, que te avisa cuándo la batería está acabándose.



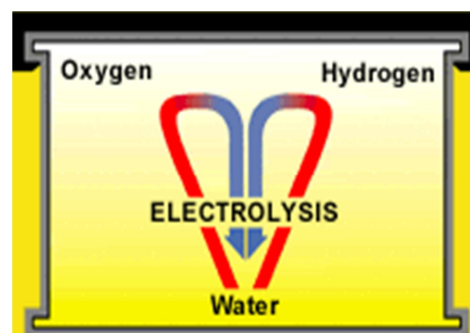
- Ventajas
 - Elevada densidad de energía.
 - Poco peso.
 - Gran capacidad de descarga.
 - Alto voltaje.
 - Carecen de efecto memoria.
 - Descarga lineal.
 - Facilidad para saber la carga que almacenan. La energía almacenada es una función del voltaje medido.
- Cuidados
 - Es recomendable que permanezcan en un sitio fresco (15 °C), y evitar el calor.
 - Estas baterías no tienen efecto memoria, y por ello no hace falta descargarlas por completo.
 - Cuando se vayan a almacenar mucho tiempo, se recomienda dejarlas con carga intermedia.

3.3.6. Gel

Una batería VRLA (batería de plomo válvula-regulada) es la designación para las baterías recargables de plomo del bajo-mantenimiento. Debido a su construcción, las baterías de VRLA no requieren la adición regular de agua a las células. Las baterías de VRLA más conocidas son:

- Absorbed glass mat (AGM).
- Batería de gel.

En las AGM el electrolito se absorbe en una estera de fibras de vidrio finas. Las placas pueden ser planas como una batería de plomo o en espiral, de esta forma permite un plomo más puro en las placas, puesto que las placas son más cortas y necesitan soportar su propio peso como en células tradicionales. Su energía específica es muy buena y pueden ser cargadas y descargadas rápidamente, no obstante su energía específica tiende a ser más baja que las baterías normales. Son de uso frecuente en los vehículos eléctricos del alto rendimiento debido a su densidad del poder más elevado.



En las baterías o células de gel, se añade un ácido gelificante al electrolito para reducir el movimiento dentro de la carcasa de la batería.

Dentro de ellas, el oxígeno desarrollado en las placas positivas recombinará en gran

parte con el hidrógeno listo para desarrollarse en las placas negativas, creando el agua y previniendo el escape de gases. La válvula es una característica de la seguridad en caso de que el índice de evolución del hidrógeno llegue a ser altamente peligroso.

Estas baterías tienen una válvula de escape de presión que active cuando la batería se recarga en el alto voltaje, típicamente mayor de 2.30 voltios por la célula., la activación de la válvula permite que se escape algo del gas o electrólito, así disminuyendo la capacidad total de la batería. En la cubierta de la batería tienen difusores de gases incorporados que permiten la dispersión segura de cualquier exceso de hidrógeno que se puede formar durante una carga excesiva. Químicamente son iguales que las baterías no selladas mojadas salvo que el antimonio en las placas del plomo es substituido por el calcio.



Las placas se pueden colocar de forma horizontal similares a una batería de plomo inundada convencional, o se pueden hacer de forma en espiral para hacer las células cilíndricas. En las altas corrientes de la sobrecarga, la electrólisis del agua ocurre, expeliendo el hidrógeno y oxígeno-gas con la válvula de la batería. El cuidado se debe tomar para prevenir cortocircuitos y la

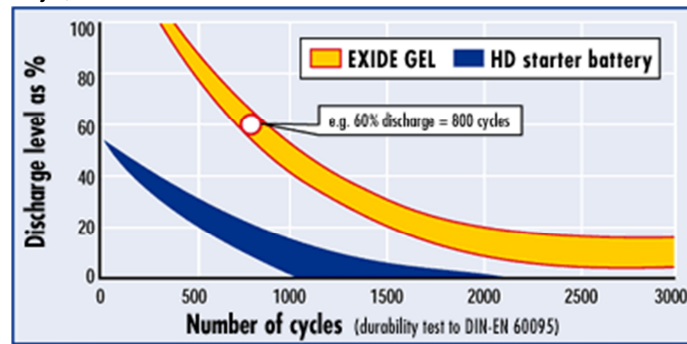
carga rápida.

Su avanzada composición de placas y un cuidadoso y balanceado sistema de electrolito, mejora altamente la capacidad de recuperación de las posibles sobredescargas. Tiene una gruesa aleación de plomo-calcio en sus placas negativa y positiva, obteniéndose en esta última, una reforzada masa activa. Convirtiéndose en una batería ideal para suministro de energía, en aplicaciones profesionales

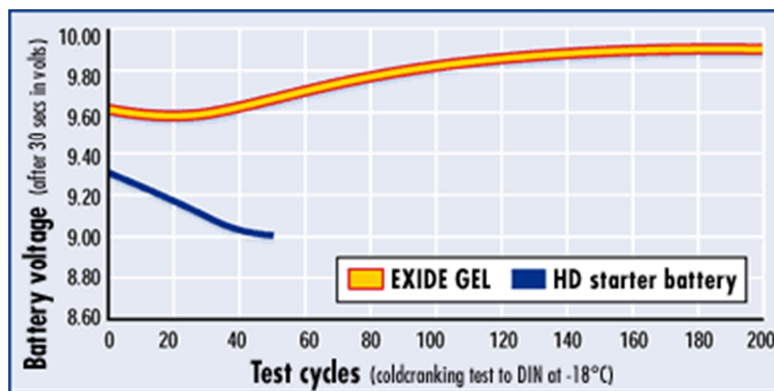
- Ventajas:

- Sistema de sellado hermético con válvulas unidireccionales de seguridad.
- Utiliza un alto porcentaje de su capacidad.
- Descargadas a (-40°, 60) °C y cargadas a (-20, 50) °C.
- Superior rendimiento de trabajo en ciclos (200, 1000).
- Permite una descarga del 100 %.
- Robustas características constructivas.
- Absolutamente libre de mantenimiento.
- Permite un ángulo de inclinación de 180°.
- No hay escape de vapores de ácido.
- Extremadamente baja gasificación.
- Destacable arranque en frío.
- Mínima descarga.
- Alta resistencia a la vibración.
- Consumen mucho menos electrolito.

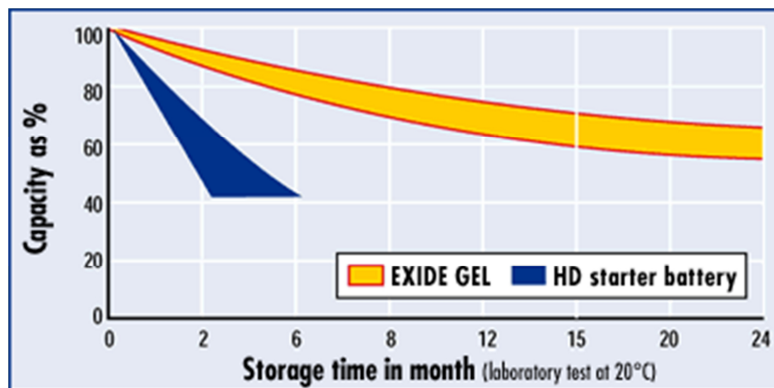
Más ciclos de trabajo, más vida útil:



Rendimiento constante en arranque en frío:



Mínima auto-descarga:



Debido a su muy baja auto-descarga, la batería de gel conserva todavía el 80 % de su capacidad nominal tras estar almacenada 6 meses, incluso después de 2 años en almacén aún conserva el 60 % de su capacidad de descarga. En comparación con otros tipos de baterías, la de gel tiene un mayor tiempo de conservación.

- Diferencias entre una batería de Plomo-ácido y una de Gel

Primero debemos puntualizar que ambas baterías son del tipo ácido-Plomo, la diferencia estriba en el soporte del electrolito. En el tipo estándar, o AGM, el electrolito

está soportado por un fieltro o manta de fibra de vidrio. En las baterías de gel, el electrolito está en suspensión en forma de gel semi-sólido.

Principales diferencias:

- En las baterías de gel, las fugas son menores o nulas al tener el electrolito en suspensión dentro de un gel.
- Las baterías de gel a igual capacidad (AH) duran un 20% más por carga.
- Las baterías de gel tienen una vida mayor que las estándar de ácido-plomo.
- La batería de gel, requiere menor mantenimiento que las estándar.
- Las baterías de gel son más caras, pero a la larga compensa una batería de gel, frente a una estándar.

- Tabla comparativa de los diferentes tipos de acumulador

Tipo	Energía/ peso	Tensión por elemento (V)	Duración (número de recargas)	Tiempo de carga	Auto-descarga por mes (% del total)
Plomo	30-50 Wh/kg	2 V	1000	8-16h	5 %
Ni-Cd	48-80 Wh/kg	1,25 V	500	10-14h *	30%
Ni-Mh	60-120 Wh/kg	1,25 V	1000	2h-4h *	20 %
Li-ion	110-160 Wh/kg	3,16 V	4000	2h-4h	25 %
Li-Po	100-130 Wh/kg	3,7 V	5000	1h-1,5h	10%

3.3.7. LiFePO₄

El fosfato de hierro litio de la batería, también llamada LFP, es un tipo de batería recargable, en concreto una batería de iones de litio, que utiliza cuatro LiFePO₄ como cátodo material.

En 2010 fue lanzado el modelo E6 de la Automotriz China BYD. Usa una tecnología nombrada BYD Fe battery, con una capacidad de 180 Ah, un voltaje de 330V que le proporcionan a este turismo eléctrico una autonomía más que respetable de 300Km. La cual necesitará 7h en un enchufe doméstico para recargar al 100% sus baterías.

BYD está innovando con este tipo de baterías de ión-litio y fosfato de hierro que le aseguran una autonomía de hasta 300 Km al E6 por cada carga y se espera una vida equivalente a la vida útil del automóvil.

Las baterías de ión-litio, que almacenan de tres a cuatro veces más energía por unidad e masa que las baterías tradicionales, se utilizan ahora extensamente en los dispositivos electrónicos portátiles, como por ejemplo ordenadores pequeños, teléfonos móviles, y reproductores MP3. Los materiales del electrodo positivo en estas baterías son muy eficaces pero también caros, demasiado para ser usados en las baterías grandes que se necesitan para los vehículos enteramente eléctricos y para la segunda generación de vehículos híbridos.

En el futuro, estas aplicaciones pueden depender del fosfato de litio-hierro: Es medioambientalmente respetuoso y tiene propiedades excepcionales combinadas con su bajo costo y una buena estabilidad térmica, una característica esta última que resulta importante por razones de seguridad. Todas estas cualidades le hacen el mejor

candidato para ser utilizado en las baterías de litio para los automóviles eléctricos del futuro.

Unos químicos del Instituto de Química de la Materia Condensada de Burdeos (ICMCB) del CNRS y sus colaboradores del CEA-Liten son los primeros en explicar por qué el fosfato de litio-hierro conduce la electricidad a pesar de ser un material aislante.

Ellos han demostrado que los ciclos de carga y descarga de la batería son posibles por un proceso de "cascada de dominó". Este fenómeno entra en escena cuando las tensiones estructurales están presentes en la interfaz entre el material que se descarga y el material en estado descargado. La conducción eléctrica e iónica es entonces sumamente rápida en la zona de la interfaz, propagándose de un punto al siguiente, como el efecto cascada que hace que todas las fichas de dominó colocadas en vertical a corta distancia unas de otras sean derribadas por la compañera de al lado cuando tumbamos la primera.

- Ventajas:

- Durante toda la vida de la batería no hay que darle mantenimiento
- Mantienen todo su poder hasta el mismo momento de la descarga. Las baterías tradicionales por lo general fluctúan según se les agota su energía. Este tipo de baterías mantienen el 100% de los casos todo su poder hasta que ya no pueda más.
- Son bastante seguras, ya que no explotan o incendian con sobrecargas
- Entre 2000 y 3000 ciclos durante 6 o 7 años de vida útil.
- Contienen el doble de la capacidad de energía que baterías de ácido plomo de comparable tamaño.
- Pueden dejarse a medio cargar por largos períodos de tiempo sin arriesgar arruinar la batería.
- Si se dejan sin darle uso, se descargan extremadamente lentas, por lo que se pueden dejar sin utilizar por largos periodos de tiempo y volver a utilizarlas inmediatamente sin tener que recargarlas.
- Funcionan hasta 140 grados Fahrenheit sin disminuir su rendimiento.
- Se pueden instalar en cualquier orientación (de frente, de lado, boca abajo etc...).
- No contienen metales tóxicos.
- Las vibraciones no le afectan, y por tanto no son tan frágiles como las baterías tradicionales.
- En tan sólo 15 minutos se pueden recargar al 90% de su energía.

3.4. PARÁMETROS DE UN ACUMULADOR

- La tensión o potencial, se mide en voltios (V) y es el primer parámetro a considerar, pues es el que suele determinar si el acumulador conviene al uso a que se le destina. Viene fijado por el potencial de reducción del par redox utilizado; suele estar entre 1 V y 4 V por elemento.
- La cantidad de corriente o capacidad que puede almacenar la batería, y se mide en amperios hora (Ah).
- La corriente de arranque (CA), es la máxima corriente que puede suministrar una batería a 0 °C durante 30 segundos con un voltaje en cada una de las células de 1,2 v.
- La corriente de arranque en frío (CCA), del inglés Cold Cranking Amps, es la corriente de arranque en frío, proporciona la corriente máxima que puede suministrar la batería a una temperatura de -18 °C durante 30 segundos, durante la cual el voltaje de cada una de las células ha de ser de 1,2 V.
- La corriente de arranque en caliente (HCA), del inglés Hot Cranking Amps, es la corriente de arranque en caliente, proporciona la corriente máxima que puede suministrar la batería a una temperatura de 26,67 °C durante 30 segundos, durante la cual el voltaje de cada una de las células ha de ser de 1,2 V.
- La capacidad eléctrica se mide en la práctica por referencia a los tiempos de carga y de descarga en amperios. La unidad en el sistema internacional es el coulomb (C), donde un Ah = 3600 C. Otra forma de definir la capacidad, es la corriente media por unidad de tiempo.
- La capacidad de reserva (RC) del inglés Reserve Capacity, es la propiedad de la batería a almacenar una determinada carga eléctrica.
- La energía que puede suministrar una batería depende de su capacidad y de su voltaje, se mide habitualmente en vatios/hora (Wh), siendo la unidad en el sistema internacional el julio (J). Donde $Wh = 3600 J$ y $Wh = Ah \cdot V$.
- La resistencia de los acumuladores es muy inferior a la de las pilas, lo que les permite suministrar cargas mucho más intensas que las de éstas, sobre todo de forma transitoria.
- Otra de las características importantes de un acumulador es su masa o su peso, y la relación entre ella y la capacidad eléctrica (Ah/kg) o la energía (Wh/kg) que puede restituir. En algunos casos puede ser también importante el volumen que ocupe (Ah/m³) o (Ah/litro). BCI del inglés Battery Council International es un grupo de trabajo que especifica las dimensiones físicas (longitud, anchura y fondo) de la batería.

- El rendimiento es la relación porcentual entre la energía eléctrica recibida en el proceso de carga y la que el acumulador entrega durante la descarga. Por ejemplo la batería de plomo-ácido tiene un rendimiento de más del 90%. Y la de Ni-Cd un 83%.

3.5. DISPONIBILIDAD DE MERCADO.

En lipotech.net existen diversas opciones de las baterías LiFePO entre otras, a continuación se detallan estas:

- Serie LTF

LiFePO₄ batería compacta y ligera permiten hacer diversas combinaciones e en serie / paralelo para satisfacer sus necesidades con la mejor Amper / peso / tamaño. Es particularmente adecuado para los vehículos pequeños y otros equipos electrónicos.



Estas baterías requieren una balanza electrónica / control y el cargador de batería especificado para LiFePO₄

- Serie LTE

Nueva batería de litio que no necesitan cargador dedicado o electrónicos, pueden ser directamente sustituido a la antigua batería de plomo puro sin realizar ningún cambio. Especialmente adecuado para los barcos, vehículos pequeños y equipo.



- Serie LTV

Batería modular y altamente versátil diseñado para su uso intensivo y continuo, puede crear varias combinaciones en serie / paralelo para satisfacer sus necesidades con la mejor de Amper / Precio de calificación. Particularmente adecuado para vehículos medianos y grandes, botes y equipos Este tipo de batería necesita una balanza electrónica / control y el cargador de la batería LiFePO₄.



- Serie LPT (lipoly battery)

La LTP serie de polímero de litio se ha desarrollado para su aplicación industrial en nuestro estado de arte de tecnología y una amplia experiencia en la batería de litio manufacturing pequeños. Como la densidad de alta energía (200 Wh / kg, 400 Wh / l) y fuente de alimentación de la serie LTP es nuestra respuesta para la batería de alta potencia en un tamaño compacto para su aplicación más industrial.



- BMS (lipo/life0_p04)

Un sistema de gestión de la batería (BMS) es cualquier dispositivo electrónico que administra una batería recargable de la batería (célula o batería), por ejemplo, el seguimiento de su estado, el cálculo de los datos secundarios, la información que los datos, su protección, el control de su entorno, y / o el equilibrio que.



3.6. BATERÍAS UTILIZADAS EN EL COCHE ANIBAL.

Tras varias semanas de pruebas, se ha determinado que las baterías de litio (LiFePO4) probadas tienen un funcionamiento óptimo, ya que son unas especiales que simulan ser de plomo-ácido, puesto que el regulador disponible tan sólo trabaja con ese tipo de baterías, que son más pesadas que las de litio.

Dichas baterías son de 12V de tensión y una capacidad de 12 Ah, o lo que es lo mismo 144Wh. Tiene un peso de 1'568 Kg. A continuación una imagen de las baterías en cuestión



3.6.1. Ensayo de descarga de baterías.

Dicho ensayo, se ha llevado a cabo conectando tres baterías de 12V, cada una, en serie, con lo que se consigue un conjunto de 36V.

Se dispuso de una resistencia que ajustable, con la cual se disponía de unos 3A. Con lo que la resistencia estaría ajustada a unos 12 Ohmios

Se recopilaban los siguientes datos:

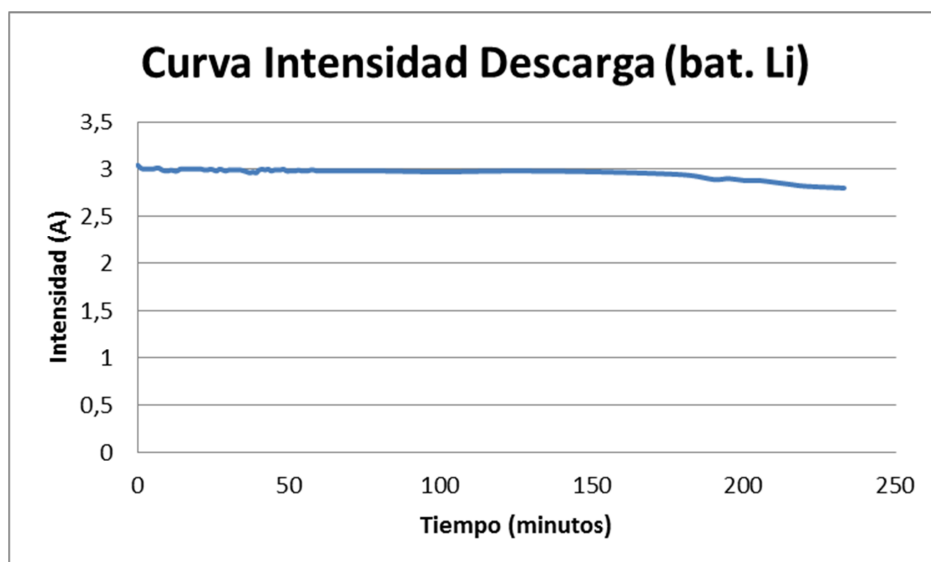
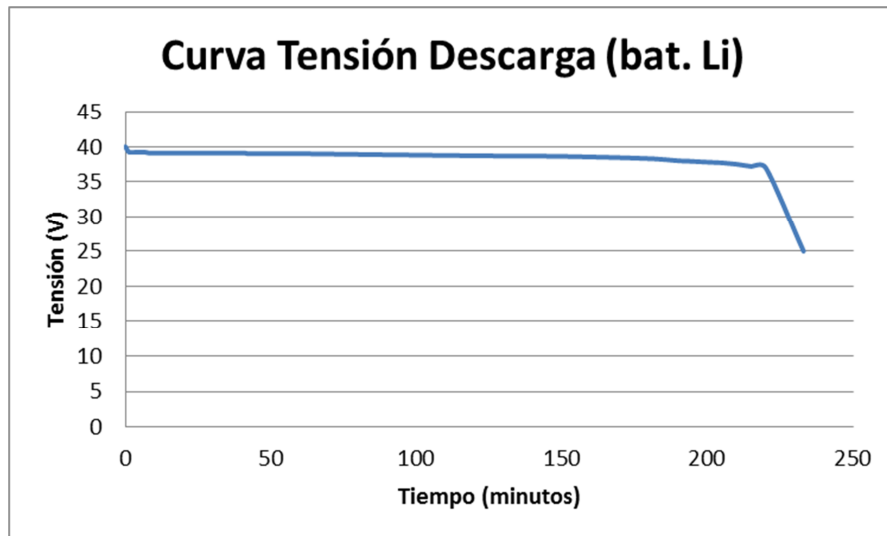
Tiempo (min)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Energía (Wh)	Ah
0	40	3,04	121,6	0	0
1	39,3	3,01	118,293	1,97155	0,050166667
2	39,2	3	117,6	3,93155	0,100166667
3	39,2	3	117,6	5,89155	0,150166667
4	39,2	3	117,6	7,85155	0,200166667
5	39,2	3	117,6	9,81155	0,250166667
6	39,2	3,01	117,992	11,77808333	0,300333333
7	39,2	3,01	117,992	13,74461667	0,3505
8	39,1	2,99	116,909	15,6931	0,400333333
9	39,1	2,98	116,518	17,63506667	0,45
10	39,1	2,98	116,518	19,57703333	0,499666667
11	39,1	2,99	116,909	21,52551667	0,5495
12	39,1	2,98	116,518	23,46748333	0,599166667
13	39,1	2,98	116,518	25,40945	0,648833333
14	39,1	3	117,3	27,36445	0,698833333
15	39,1	3	117,3	29,31945	0,748833333
16	39,1	3	117,3	31,27445	0,798833333
17	39,1	3	117,3	33,22945	0,848833333
18	39,1	3	117,3	35,18445	0,898833333
19	39,1	3	117,3	37,13945	0,948833333
20	39,1	3	117,3	39,09445	0,998833333
21	39,1	3	117,3	41,04945	1,048833333
22	39,1	2,99	116,909	42,99793333	1,098666667
23	39,1	2,99	116,909	44,94641667	1,1485
24	39,1	3	117,3	46,90141667	1,1985
25	39,1	2,99	116,909	48,8499	1,248333333
26	39,1	2,98	116,518	50,79186667	1,298
27	39,1	3	117,3	52,74686667	1,348
28	39,1	2,99	116,909	54,69535	1,397833333
29	39,1	2,98	116,518	56,63731667	1,4475
30	39,1	2,99	116,909	58,5858	1,497333333
31	39,1	2,99	116,909	60,53428333	1,547166667
32	39,1	2,99	116,909	62,48276667	1,597
33	39,1	2,99	116,909	64,43125	1,646833333
34	39,1	2,99	116,909	66,37973333	1,696666667
35	39,1	2,98	116,518	68,3217	1,746333333
36	39,1	2,97	116,127	70,25715	1,795833333
37	39,1	2,96	115,736	72,18608333	1,845166667

38	39,1	2,97	116,127	74,12153333	1,894666667
39	39,1	2,96	115,736	76,05046667	1,944
40	39,1	2,99	116,909	77,99895	1,993833333
41	39,1	3	117,3	79,95395	2,043833333
42	39	2,99	116,61	81,89745	2,093666667
43	39	3	117	83,84745	2,143666667
44	39	2,98	116,22	85,78445	2,193333333
45	39	2,99	116,61	87,72795	2,243166667
46	39	2,99	116,61	89,67145	2,293
47	39	2,99	116,61	91,61495	2,342833333
48	39	3	117	93,56495	2,392833333
49	39	2,98	116,22	95,50195	2,4425
50	39	2,98	116,22	97,43895	2,492166667
51	39	2,98	116,22	99,37595	2,541833333
52	39	2,98	116,22	101,31295	2,5915
53	39	2,99	116,61	103,25645	2,641333333
54	39	2,98	116,22	105,19345	2,691
55	39	2,98	116,22	107,13045	2,740666667
56	39	2,98	116,22	109,06745	2,790333333
57	39	2,99	116,61	111,01095	2,840166667
58	39	2,99	116,61	112,95445	2,89
59	39	2,98	116,22	114,89145	2,939666667
60	39	2,98	116,22	116,82845	2,989333333
80	38,9	2,98	115,922	155,4691167	3,982666667
100	38,8	2,97	115,236	193,8811167	4,972666667
123	38,7	2,98	115,326	238,0894167	6,115
152	38,6	2,97	114,642	293,4997167	7,5505
180	38,3	2,94	112,602	346,0473167	8,9225
190	38	2,89	109,82	364,35065	9,404166667
195	37,9	2,9	109,91	373,5098167	9,645833333
200	37,8	2,88	108,864	382,5818167	9,885833333
205	37,7	2,88	108,576	391,6298167	10,12583333
210	37,5	2,86	107,25	400,5673167	10,36416667
215	37,2	2,84	105,648	409,3713167	10,60083333
220	37	2,82	104,34	418,0663167	10,83583333
233	25	2,8	70	433,2329833	11,4425

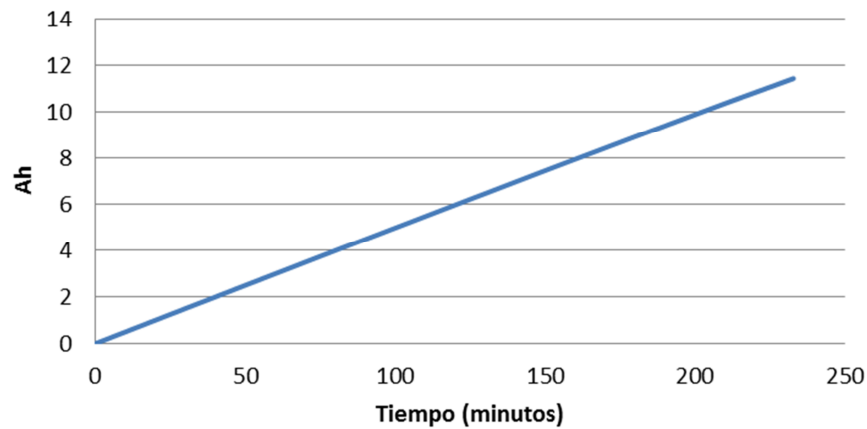
De estos datos se extraen unas conclusiones muy interesantes, ya que las baterías son de 12Ah, con lo que con el conjunto tendríamos una capacidad de 12Ah (están en serie). Puesto que las baterías han tenido un consumo más o menos de unos 3 amperios, durante casi 4 horas, estaríamos hablando de casi 12 Ah, así pues tienen la capacidad que indica en las características.

Cabe destacar, que la carga de las baterías quizá no era la idónea, puesto que venían de recibir carga de los paneles fotovoltaicos, para poder hacer la prueba de descarga en condiciones similares a las de carrera. Con esto la conclusión que se saca, que si se cargan directamente de un cargador conectado a la red, la carga sería máxima y de esta manera darían los 12Ah citados en los datos técnicos.

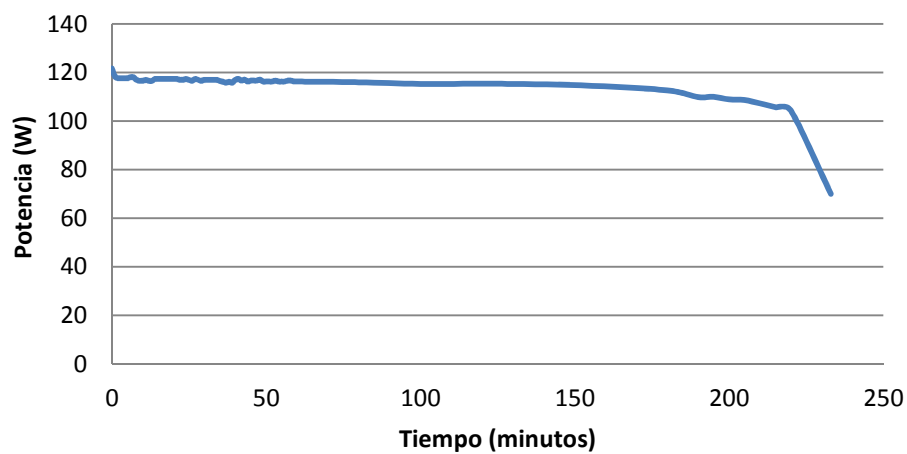
De los datos expuestos anteriormente extraemos las siguientes curvas de datos como tensión, potencia, energía, intensidad y amperios-hora en función del tiempo:



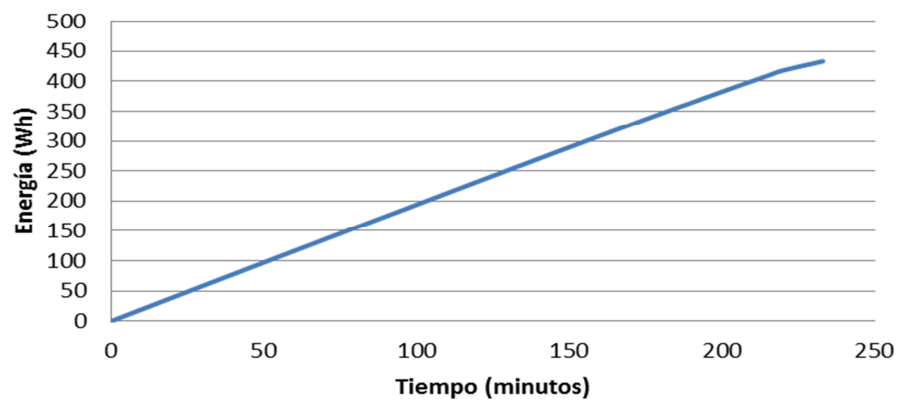
Curva Ah Descarga (bat. Li)



Curva Potencia Descarga (bat. Li)



Curva Energía Descarga (bat. Li)



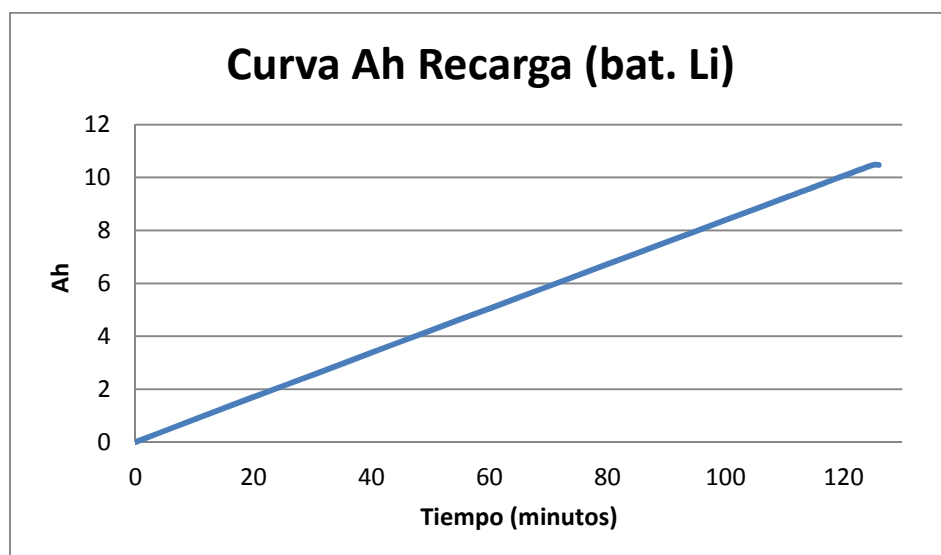
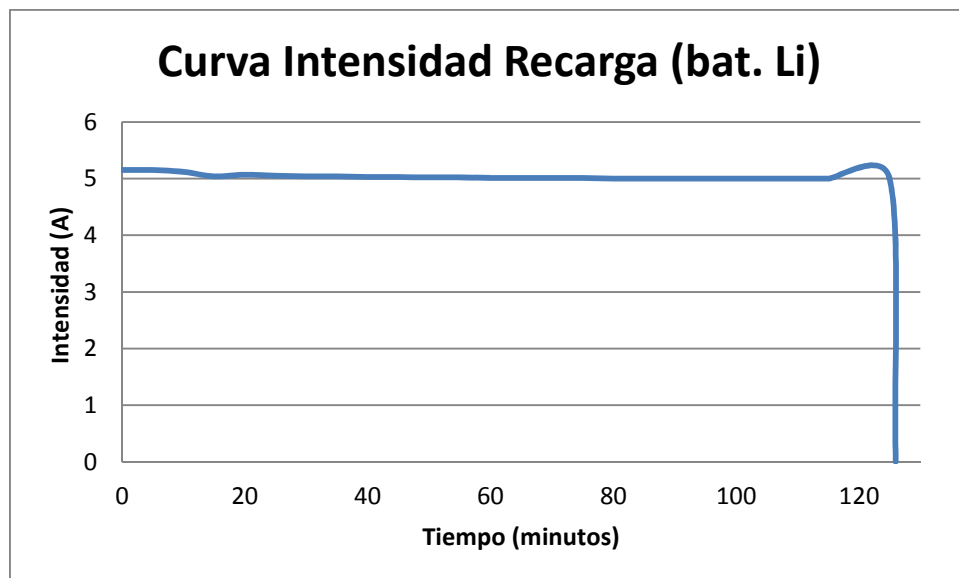
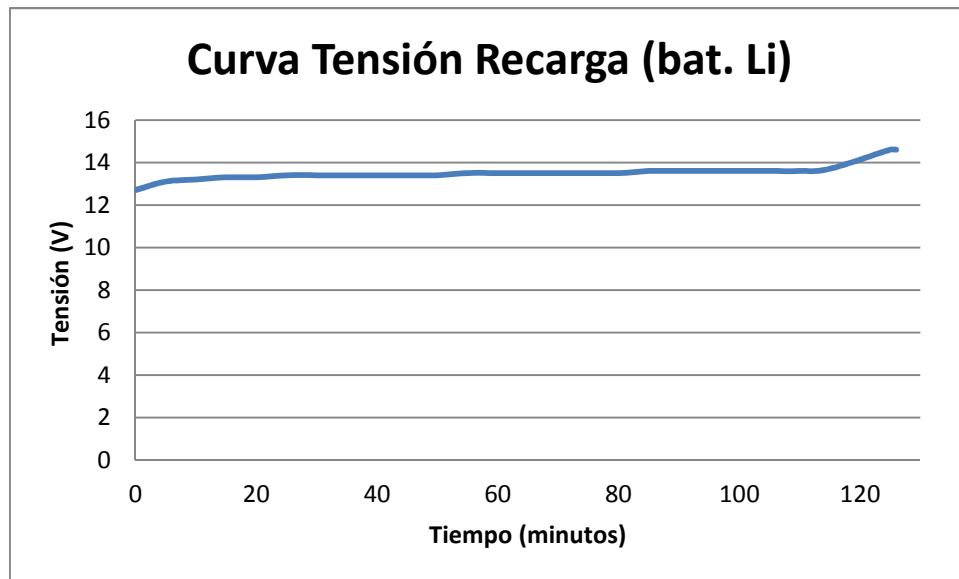
3.6.2. Ensayo de recarga de las baterías LiFePO₄.

Se ha realizado también un ensayo de recarga de las baterías utilizadas en el coche Aníbal, se ha empleado un cargador que aporta 5Ah y una tensión de 12V. El tiempo ha sido de algo más de dos horas, algo lógico si se tiene en cuenta que en la prueba de descarga, no se produjo una descarga total, sino una descarga del 90/95%. Con lo cual teniendo en cuenta que la capacidad de las baterías es de 12Ah, y que el cargador suministraba 5Ah, en dos horas ha suministrado 10Ah, con lo que al no estar descargadas al 100% y haber estado algo más de dos horas, estamos prácticamente en los 12Ah. De esto deducimos que las baterías tienen un comportamiento muy bueno y ajustado a las características facilitadas por el fabricante.

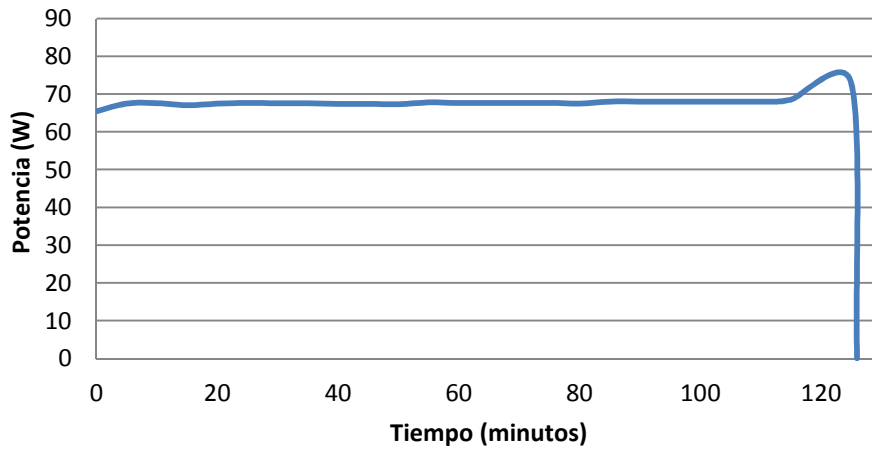
Se consiguieron los siguientes datos:

Tiempo (min)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Energía (Wh)	Ah
0	12,7	5,15	65,405	0	0
5	13,1	5,15	67,465	5,622083333	0,429166667
10	13,2	5,12	67,584	11,25408333	0,855833333
15	13,3	5,04	67,032	16,84008333	1,275833333
20	13,3	5,07	67,431	22,45933333	1,698333333
25	13,4	5,05	67,67	28,0985	2,119166667
30	13,4	5,04	67,536	33,7265	2,539166667
35	13,4	5,04	67,536	39,3545	2,959166667
40	13,4	5,03	67,402	44,97133333	3,378333333
45	13,4	5,03	67,402	50,58816667	3,7975
50	13,4	5,02	67,268	56,19383333	4,215833333
55	13,5	5,02	67,77	61,84133333	4,634166667
60	13,5	5,01	67,635	67,47758333	5,051666667
65	13,5	5,01	67,635	73,11383333	5,469166667
70	13,5	5,01	67,635	78,75008333	5,886666667
75	13,5	5,01	67,635	84,38633333	6,304166667
80	13,5	5	67,5	90,01133333	6,720833333
85	13,6	5	68	95,678	7,1375
90	13,6	5	68	101,3446667	7,554166667
95	13,6	5	68	107,0113333	7,970833333
100	13,6	5	68	112,678	8,3875
105	13,6	5	68	118,3446667	8,804166667
110	13,6	5	68	124,0113333	9,220833333
115	13,7	5	68,5	129,7196667	9,6375
125	14,6	5	73	141,8863333	10,47083333
126	14,6	0	0	141,8863333	10,47083333

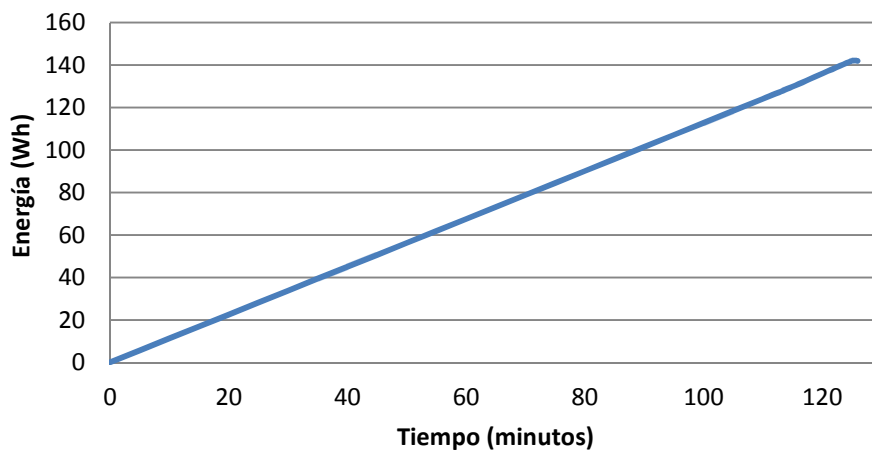
De los datos mostrados, se extrajeron las siguientes curvas:



Curva Potencia Recarga (bat. Li)



Curva Energía Recarga (bat. Li)



Se observa como la tensión sube rápidamente en el inicio de la carga, luego tiene un periodo de aumento constante (la mayor parte de la carga), y finalmente, antes de finalizar la recarga, da otra subida más rápida. El suministro de intensidad se mantiene constante durante todo el periodo. Como ya se ha comentado anteriormente en las dos horas y cinco minutos se han obtenido 10'47Ah, menos que los 11'44Ah consumidos en la descarga, debido a que la batería del experimento de recarga no fue la más castigada durante la descarga.

4-REGULADOR SOLAR

4. REGULADOR SOLAR.

Un regulador solar de carga, es un elemento encargado de suministrar una tensión constantes a los paneles fotovoltaicos, pese a sus variaciones y picos de tensión.

4.1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.



El regulador utilizado en el coche Anibal, es el modelo MX 60 de Out Back, Power Systems.

Este equipo permite rastrear el MPP, máximo punto de potencia, el cual habilita al sistema a alcanzar la máxima eficiencia posible.

Tiene un rango de hasta 60A de CD puede acoplarse a sistemas de baterías desde 12 hasta 60V CD, con voltajes a circuito abierto de hasta 120V DC.

Dispone de una pantalla de cuarzo líquido para fácil uso y comprensión, muestra cuatro líneas de 80 caracteres, con iluminación ajustable, la cual es también utilizada para programación y monitoreo del sistema.

4.2. INSTRUCCIONES DE IMPORTANTES DE SEGURIDAD.

- A. Apretar el bloque de terminales y la terminal de tierra y observar que la conexión quede bien fijada.
- B. Únicamente utilizar un calibre de alambre mínimo de 6AWG, el cual es aconsejable para una temperatura también mínima de 75°C. El bloque de terminales aceptara calibres de alambre de hasta 2AWG y la terminal de tierra de hasta 2AWG.
- C. Este símbolo es utilizado para identificar la tierra de la carcasa.



- D. Es entendido que este controlador es utilizado para cargar sistemas de baterías de *plomo-ácido, sellados o ventilados con voltajes nominales de 12, 24, 36, 48, 54 o 60 V CD.* **(En el caso de nuestro vehículo solar, se utilizan baterías LiFePO4 que simulan ser de plomo-ácido).**
- E. El controlador de carga MX 60 es solamente para uso en interiores

4.3. PUESTA EN MARCHA.

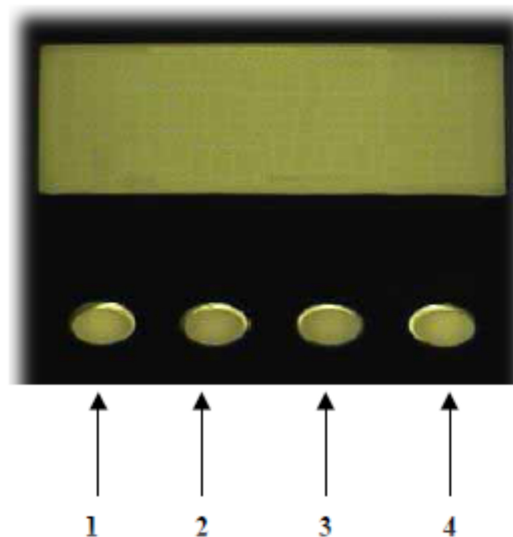
En este apartado se hace una pequeña referencia a como configurar el regulador para su puesta en marcha.

4.3.1. Selección del voltaje del sistema de baterías.

Inicialmente el controlador viene preconfigurado con un valor de 12V de baterías, el voltaje de absorción y de flotación serán de 14'3V y 13'6V respectivamente.

El voltaje nominal del sistema de baterías puede ser cambiado desde su valor inicial de 12V al correspondiente del sistema que tengamos en nuestro vehículo (actualmente entre 36 y 48 V). Para establecer el voltaje nominal del sistema de baterías se deberá introducir la contraseña **141**. El procedimiento es el siguiente:

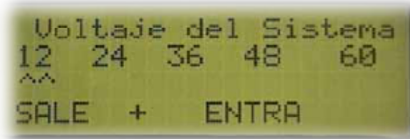
1. En primer lugar deberemos de asegurarnos que los bornes estén bien apretados y ajustados para así evitar una mala conexión y el consiguiente desgaste de los terminales.
2. Después de este paso, habrá que pulsar simultáneamente los botones 1 y 3 y cerrar simultáneamente el interruptor de baterías.



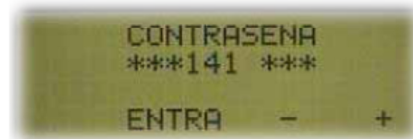
3. Una vez que en la pantalla aparezca "OutBack Power Systems" en la pantalla, se deberá soltar los botones presionados en el punto 2.



4. A continuación aparecerá la pantalla de selección de voltajes y tras pulsar **ENTRA** o **+** aparecerá una solicitud de contraseña, la cual será **141**. Dicha contraseña se podrá seleccionar con las marcas **+** y **-**

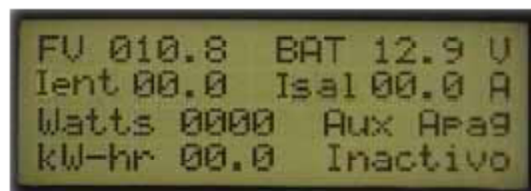


Voltaje del Sistema
 12 24 36 48 60
 ^^
 SALE + ENTRA



CONTRASEÑA
 ***141 ***
 ENTRA - +

5. Cuando se halla introducido la contraseña y pulsado el botón **ENTRA**, volverá a aparecer la pantalla de selección de voltajes en la cual ahora sí se seleccionará el voltaje del sistema de baterías y a continuación deberá pulsarse el botón situado bajo la palabra **ENTRA**. Ahora contestar que sí se está seguro de continuar. Aparecerá la siguiente imagen.



FV 010.8 BAT 12.9 V
 Ient 00.0 Isal 00.0 A
 Watts 0000 Aux Apag
 kW-hr 00.0 Inactivo

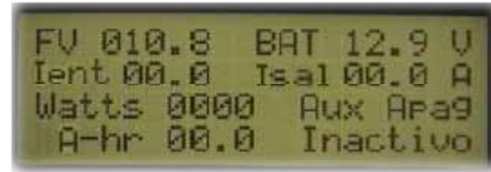
- ✓ FV: señala el voltaje de entrada al sistema, que en el caso de nuestro coche es el suministrado por los paneles fotovoltaicos.
- ✓ BAT: indica el voltaje actual en las baterías a las cuales se les está suministrando la carga.
- ✓ Ient: señala la corriente de entrada proveniente desde el arreglo fotovoltaico del coche.
- ✓ Isal: indica la corriente de salida hacia nuestro sistema de baterías.
- ✓ Watts: muestra la potencia de salida instantánea actual del sistema.
- ✓ Aux Apag: indica el estado actual de la terminal de salida auxiliar.
- ✓ Kw-hr: muestra un promedio de la cantidad de potencia producida diariamente.
- ✓ Inactivo: en este espacio se indica el actual modo de operación.

NOTAS:

Para reiniciar estos últimos parámetros repitiendo los pasos descritos anteriormente. Los voltajes de flotación y de absorción actuales serán modificados automáticamente con el uso del sensor externo de temperatura.

Si en 5 minutos no se introduce ningún valor de voltaje para el sistema de baterías, automáticamente el equipo tomará como valor el último utilizado.

Si tenemos el MX60 en la pantalla principal o de Estado y presiona la *tecla 1*, ello le llevará a la pantalla del menú principal (mostrada a continuación). Presionando la tecla 2 en la misma pantalla, el equipo mostrará A-hr en el lado inferior, en lugar de Kw-hr y viceversa.



4.3.2. Establecimiento de los parámetros de los valores de carga.

Los parámetros de carga son automáticamente cambiados a los valores preconfigurados en fábrica cuando se establece el voltaje nominal del sistema de baterías y pueden ser modificados por el usuario. Los puntos de ajuste de voltaje de Absorción y Flotación preconfigurados, están basados en sistemas típicos de baterías Plomo-Ácido. El límite de corriente preconfigurado del cargador es de 60A, y puede ser cambiado si usted tiene limitaciones debido al tamaño del alambre o del interruptor del circuito, y es ajustable a 70A.

Para variar las tensiones de Absorción y de flotación basta con ir a la pantalla de parámetros de carga, a continuación mostrada.



- ✓ LIM: establece el límite de corriente a la salida del controlador.
- ✓ ABSORBE: establece el voltaje de absorción.
- ✓ FLOTAR: establece el voltaje de flotación.

Cada uno de estos parámetros puede ser seleccionado pulsando la tecla SEL, (la tecla que se encuentre bajo la palabra SEL), de esta manera el asterisco irá rotando por los distintos parámetros. Posteriormente se podrá variar el valor pulsando + o -, en función de si queremos incrementar o disminuir respectivamente el valor de dicho parámetro.

4.3.3. Control auxiliar.

Si en la pantalla principal se selecciona *Aux*, podremos configurar este modo que requerirá una contraseña, que también será **141**, la pantalla que aparecerá será la siguiente.



Podemos cambiar esta función para controlar un *circuito secundario*. Las opciones son:

- ✓ **MANUAL:** activa o desactiva manualmente desde el teclado la salida auxiliar.
- ✓ **DESHABILITADO:** no habrá voltaje de salida en la terminal AUX CONTROL si el controlador está en el modo Activo Alto, o será de 12V si está en el modo Activo Bajo.
- ✓ **DERIVACIÓN:** esta es utilizada cuando se conecta un generador auxiliar directamente a baterías, que no es el caso de nuestro vehículo, con lo que esta opción no se debe utilizar.
- ✓ **DESCONEXIÓN POR BATERÍA BAJA:** las terminales de salida auxiliar se activan durante un intervalo de tiempo ajustable, cuando el voltaje en la batería excede el punto de ajuste de reconexión, la salida Aux. se desactivará después de que el temporizador llegue a cero al decrementarse este. El retardo de tiempo es ajustable de 0 a 250 segundos.
- ✓ **DISPARO FV:** activa la salida auxiliar cuando la entrada de voltaje FV excede el punto de ajuste para una mínima cantidad de tiempo de sostenimiento.

4.4. OTRAS CARACTERÍSTICAS

4.4.1. Control de iluminación de la pantalla de cuarzo.

La iluminación de la pantalla de cuarzo y los botones consume aproximadamente las tres cuartas partes de la energía. Podemos controlar las opciones de iluminación utilizando la pantalla de ajustes de iluminación mostrada en la siguiente imagen.



4.4.2. Igualación de baterías.

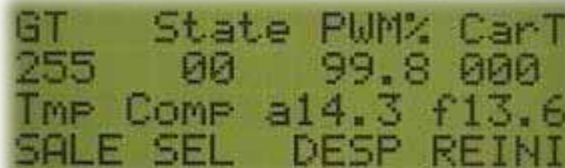
Las baterías de electrolito deberán ser sometidas a un proceso de igualación para convertir la sulfatación de las placas de plomo. Este proceso puede ser peligroso, de tal modo habrá que asegurarse de que se comprende completamente antes de igualizar sus baterías. Los ajustes predefinidos son para el voltaje de igualación el de absorción y el tiempo de igualación se establece para una hora.

El proceso de igualación de baterías debe ser iniciado manualmente. La pantalla mostrada a continuación es utilizada para iniciar el proceso de igualación. El proceso automáticamente se para, cuando ha terminado y pulsando PARO, también se podrá detener.

4.4.3. Menú miscelánea.

Este menú es utilizado normalmente por personal técnico y personal de servicio cuando se trata de una instalación fotovoltaica al uso. En nuestro caso, al tratarse de un caso especial, este apartado sería interesante para establecer comunicaciones.

A continuación una breve descripción de las tres pantallas que nos podemos encontrar en el menú miscelánea.



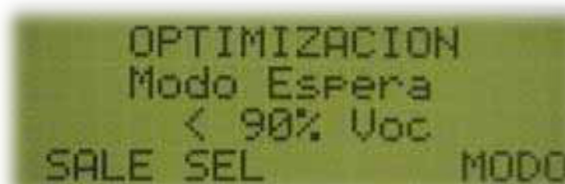
```

GT   State PWM% CarT
255  00   99.8 000
TmP  ComP a14.3 f13.6
SALE SEL  DESP REINI
  
```

Actualmente, no se encuentra comunicado el regulador del vehículo Aníbal, con lo cual no es necesario extenderse más en esta función concreta.

4.4.4. Optimización.

En el modo espera, el regulador de carga, se queda en “stand by”, cuando no tiene suficiente voltaje en los paneles. Posteriormente cuando los paneles vuelvan a proporcionar tensión suficiente, el MX60 volverá a operación normal sacándolo del estado de espera. El menú de modo de espera es el siguiente:



```

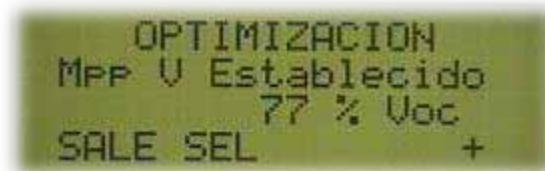
OPTIMIZACION
Modo Espera
< 90% Voc
SALE SEL      MODO
  
```

< 90%VOC: espera si el voltaje del panel no se elevó a un valor mayor del 90% del último valor medio durante un corto intervalo de tiempo.

< 50% VOC: espera si el voltaje del panel no se elevó a un valor mayor del 50% del último valor medio durante un corto intervalo de tiempo. Este modo sería normalmente utilizado si el voltaje nominal del panel es bastante más alto que el voltaje en el sistema de baterías, tal como al cargar un sistema de 12 baterías con un arreglo de paneles de 48V.

< CORTE POR BAJA A: espera si en el barrido inicial la corriente no alcanzó el punto de ajuste. Es útil especialmente cuando el voltaje del panel es muy cercano al voltaje del sistema de baterías, tal como un panel de 12 V y un sistema de baterías de 12 V.

DESHABILITADO: no funcionará el modo espera.

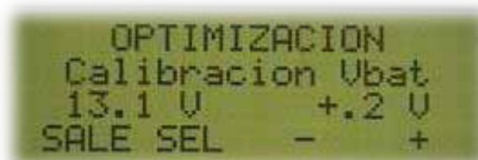


MPP V ESTABLECIDO %VOC: escoge el voltaje de trabajo del panel fotovoltaico para el modo “%Voc Elegido” y otras condiciones, donde el regulador opera a un porcentaje fijo del último voltaje de circuito abierto medido (figura anterior). Este no es normalmente un valor crítico exacto.

LIMITE ALTO AUTO: si un auto barrido encuentra un voltaje en el máximo punto de potencia excediendo este voltaje, se regresa al modo de MPPV establecido en lugar de este. El valor límite superior preconfigurado, es de 90% del Voc y normalmente no necesitara ser cambiado. Si un arreglo fotovoltaico tiene múltiples abruptos puntos máximos, entonces el ajustar este valor puede ayudar a mantener el punto máximo de potencia dentro de saludables límites del voltaje del panel. Son valores ajustables 90%, 85% y 80% del Voc.

INTERVALO DE BARRIDO: selecciona el tiempo que regularmente el regulador hace un mini barrido en el modo barrido automático. Ajustable desde 1 a 15 minutos.

CALIBRACIÓN VBAT: ajusta la lectura del voltaje de la batería. Ajustable entre +/- 5 V, este ajuste es utilizado para mejorar la exactitud en las lecturas de voltaje del sistema de baterías realizadas por el MX60. Este valor es inicialmente establecido en fábrica y no es cambiado al restablecer el regulador a otro sistema de baterías.



CORTE POR BAJA A: coloca el punto de ajuste del cargador de batería a su mínimo valor antes de parar e ir a “stand by”. Si la corriente de carga de las baterías permanece debajo de este valor durante cierto tiempo el regulador regresará a “stand by”.

OPTIMIZACION
Corte Por Baja A
< .6 AMP
SALE SEL +

MODO DE MPPT: selecciona el modo básico MPPT del regulador (siguiente figura). El modo de auto barrido efectúa un barrido completo al despertar, desde Voc hasta un valor cercano al del sistema de baterías, posteriormente realiza una especie de mini auto barrido desde ese punto, al intervalo de tiempo que fue seleccionado en el menú de intervalo de barrido. Siendo este el modo MPPT preconfigurado. El modo elegido opera en el MPP a un porcentaje del Voc seleccionado y adquiere un nuevo valor de Voc en cada intervalo de barrido. El porcentaje del MPP es tomado del punto de ajuste del MPP V establecido. Este modo es una alternativa al modo de auto barrido y puede ser utilizado para verificar la correcta operación del auto barrido del sistema.

OPTIMIZACION
Modo de MPPT
Auto Barrido
SALE SEL MODO

TIEMPO MÁXIMO DE ABSORCIÓN: establece la máxima cantidad de tiempo permitida para permanecer en la etapa de absorción de carga. Ajustable desde 1 hasta 4 horas.

OPTIMIZACION
Tiempo Maximo Absorc
2 Horas
SALE SEL LENTO HR+

La tecla 2 en la pantalla de la opción *LENTO* permite al regulador barrer el voltaje inicial en el panel fotovoltaico a un 50% o a un 100% del Voc.

POLARIDAD AUXILIAR: selecciona si la salida auxiliar es *activa alto* o *activa bajo*.

4.4.5. Historiales.

Histor1 muestra los A-hr o Kw-hr y el tiempo en minutos que el regulador ha empleado en flotación en los 64 días anteriores. La visualización de Kw-hr o A-hr dependerá de las unidades actualmente mostradas en la pantalla de estado. El valor -01 significa el día de ayer.

```

Diario Amphoras 0014
Flotar minutos 0000
TotalKAh 000.2 -02
SALE BOR Day- Day+
  
```

Así mismo se muestran los valores de energía acumulados diariamente y continúan más allá de los datos de los 64 días anteriormente mencionados. Si se presiona BOR te llevará al menú que borrará los valores diarios y totales y SALE te enviará de regreso a la pantalla de inicio.

Histor2 muestra los últimos valores medios de voltaje a circuito abierto (Voc) del panel fotovoltaico.

```

Voc AltoVoc MPPV
000.0 000.0 000.0
Amanecer
SALE SEL 00:04:27
  
```

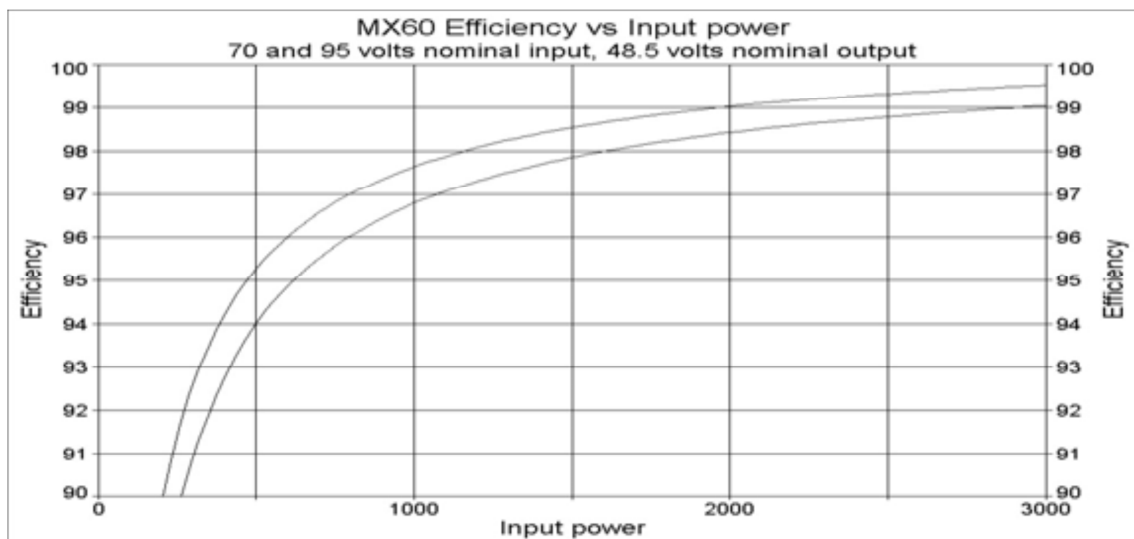
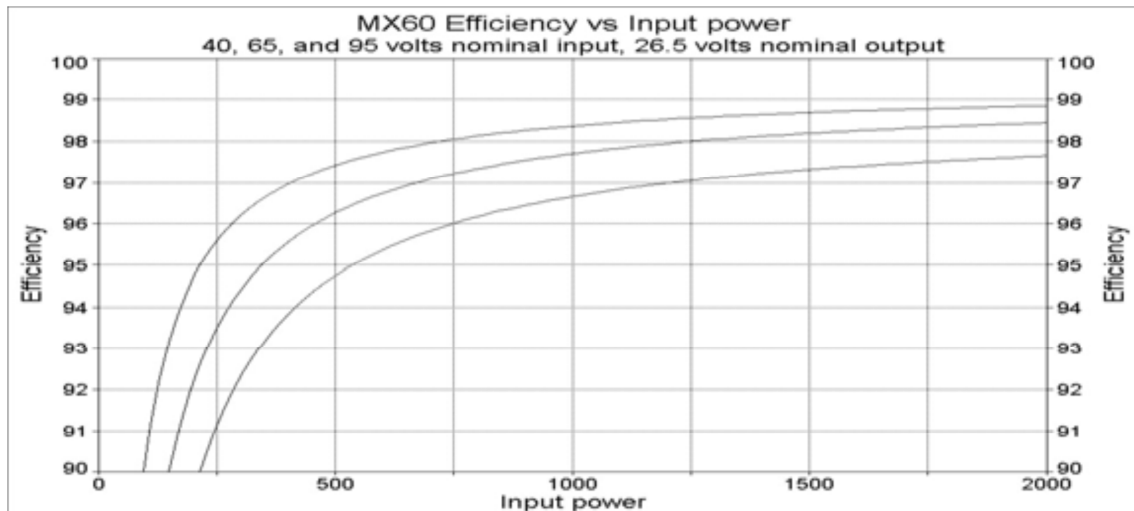
4.5. ESPECIFICACIONES Y CURVAS DE EFICIENCIA.

ESPECIFICACIONES:

- Corriente de salida: 60 A
- Voltaje preconfigurado del sistema de baterías: 12, 24, 36, 48 o 60 V.
- Voltaje máximo a circuito abierto del panel: 120 V.
- Consumo típico de potencia en modo espera < 1 W.
- Puntos de ajuste de regulación de voltaje: 13 – 80 VCD.
- Compensación de temperatura: con el sensor (opcional) 5 mV/°C por celda de 2 V.
- Capacidad de reducción de voltaje: V de sistemas de baterías < V de reducción < 120 VCD.
- Pantalla: iluminada de cuarzo de 4 líneas y 20 caracteres por línea.
- Interfaz remota: conector RJ45 Cat 5 con cable de 8 puntas.
- Rango de temperatura de operación: -40 a 60 °C.
- Categoría ambiental: interior tipo 1.

- Orificios de conexión del conduit: 2 de 1/2-3/4 atrás, 1 de 3/4 en cada lado, 2 de 3/4 debajo.
- Dimensiones: altura 14'5", ancho 5'75", profundidad 5'75". En caja 17'8x10"x7".
- Peso: 12 libras, en caja 15 libras.

GRÁFICAS DE EFICIENCIA:



4.6. ENSAYOS CON EL REGULADOR.

Con el regulador como tal no se ha llevado ningún ensayo exclusivo. Los datos utilizados en este apartado son los extraídos en la prueba en la cual se establece la conexión de los paneles al conjunto. Se toman datos de entrada, salida y del contador de energía. El primero y el último de estos es utilizado en el apartado de paneles fotovoltaicos para determinar la producción de estos. A continuación emplearemos los datos de salida, que es la energía suministrada por el regulador a las baterías. Es interesante ya que en la prueba del sistema completo se hizo una con carga y otra sin carga, con lo cual se puede hacer una comparativa de la energía inyectada por el regulador a las baterías estando estas con carga y sin ella.

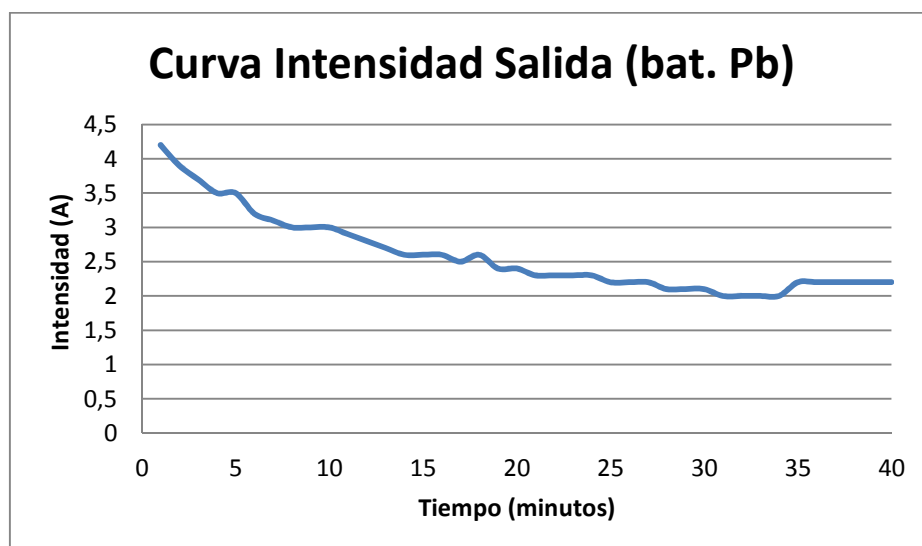
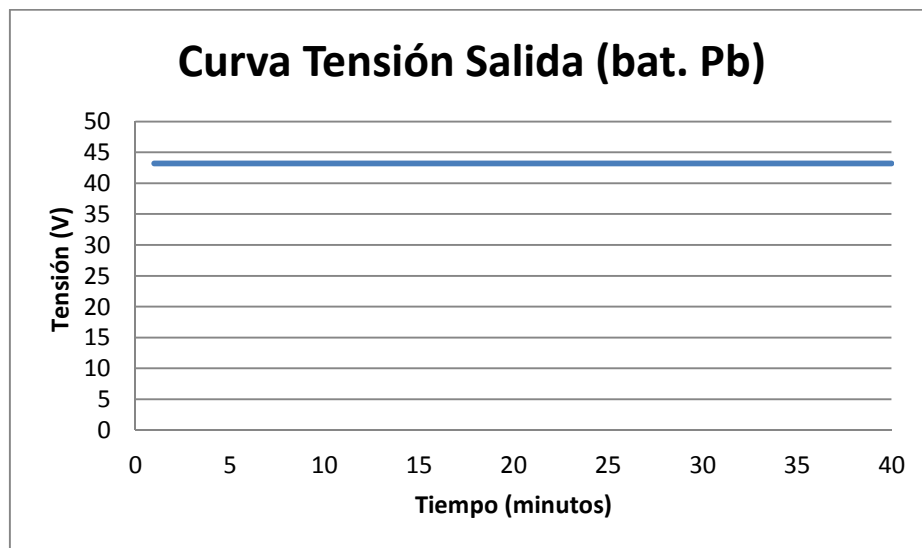
Los datos recogidos con las baterías sin carga:

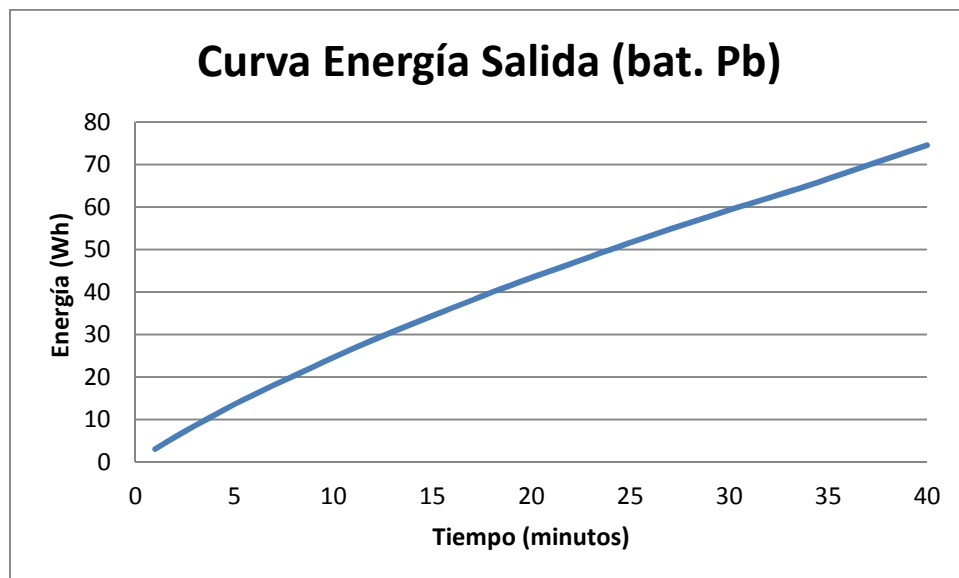
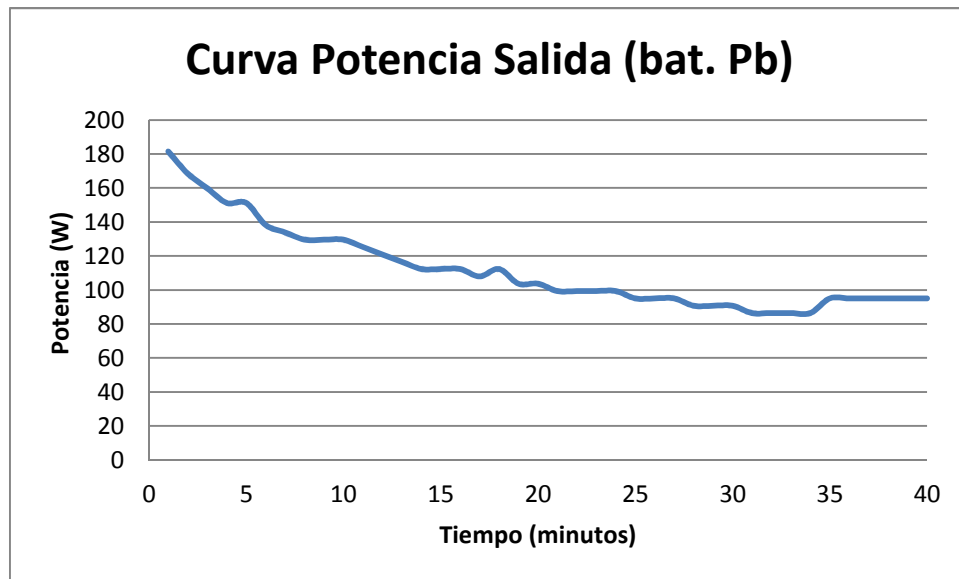
SALIDA				
Tiempo (min)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Energía (Wh)
1	43,2	4,2	181,44	3,024
2	43,2	3,9	168,48	5,832
3	43,2	3,7	159,84	8,496
4	43,2	3,5	151,2	11,016
5	43,2	3,5	151,2	13,536
6	43,2	3,2	138,24	15,84
7	43,2	3,1	133,92	18,072
8	43,2	3	129,6	20,232
9	43,2	3	129,6	22,392
10	43,2	3	129,6	24,552
11	43,2	2,9	125,28	26,64
12	43,2	2,8	120,96	28,656
13	43,2	2,7	116,64	30,6
14	43,2	2,6	112,32	32,472
15	43,2	2,6	112,32	34,344
16	43,2	2,6	112,32	36,216
17	43,2	2,5	108	38,016
18	43,2	2,6	112,32	39,888
19	43,2	2,4	103,68	41,616
20	43,2	2,4	103,68	43,344
21	43,2	2,3	99,36	45
22	43,2	2,3	99,36	46,656
23	43,2	2,3	99,36	48,312
24	43,2	2,3	99,36	49,968
25	43,2	2,2	95,04	51,552
26	43,2	2,2	95,04	53,136
27	43,2	2,2	95,04	54,72
28	43,2	2,1	90,72	56,232

29	43,2	2,1	90,72	57,744
30	43,2	2,1	90,72	59,256
31	43,2	2	86,4	60,696
32	43,2	2	86,4	62,136
33	43,2	2	86,4	63,576
34	43,2	2	86,4	65,016
35	43,2	2,2	95,04	66,6
36	43,2	2,2	95,04	68,184
37	43,2	2,2	95,04	69,768
38	43,2	2,2	95,04	71,352
39	43,2	2,2	95,04	72,936
40	43,2	2,2	95,04	74,52

Observamos que la energía entregada a las baterías es de 74'52 Wh.

Con estos datos, se han obtenidos las siguientes curvas:





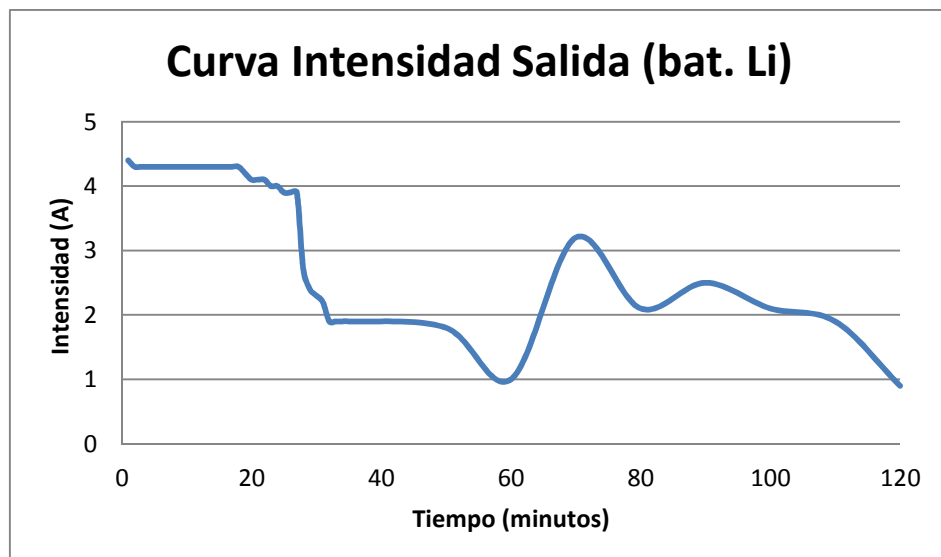
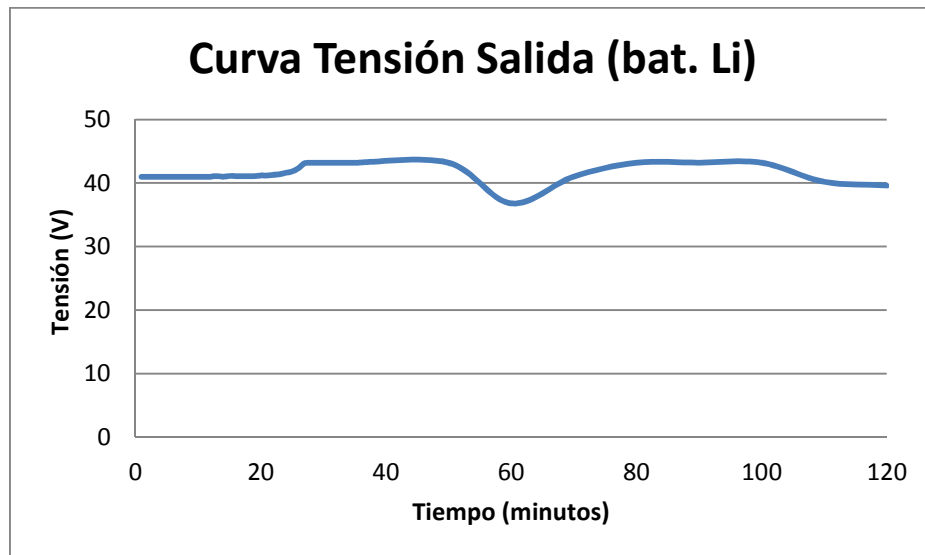
Cabe destacar que la prueba sin carga fue realizada con baterías de plomo y la prueba con carga con baterías de litio (LiFePO₄).

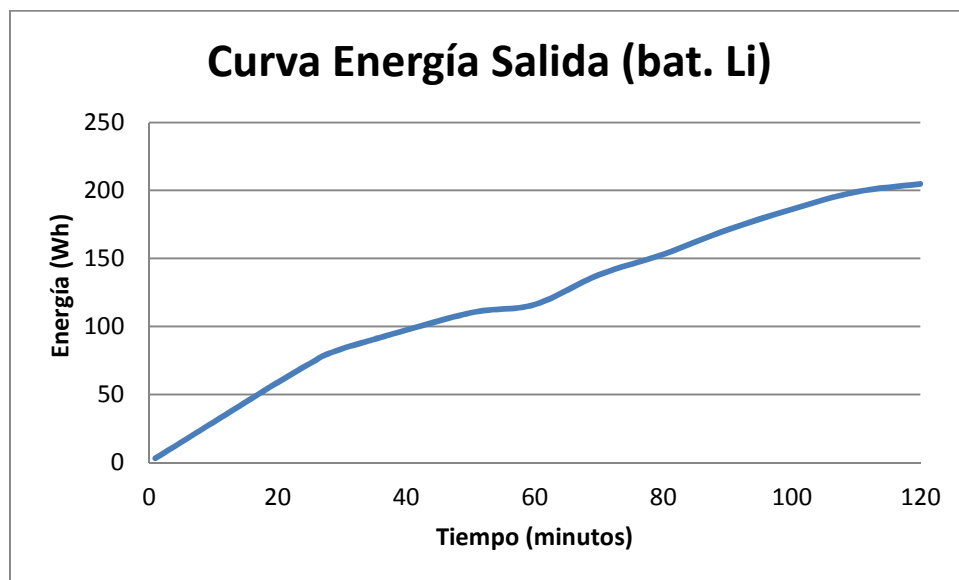
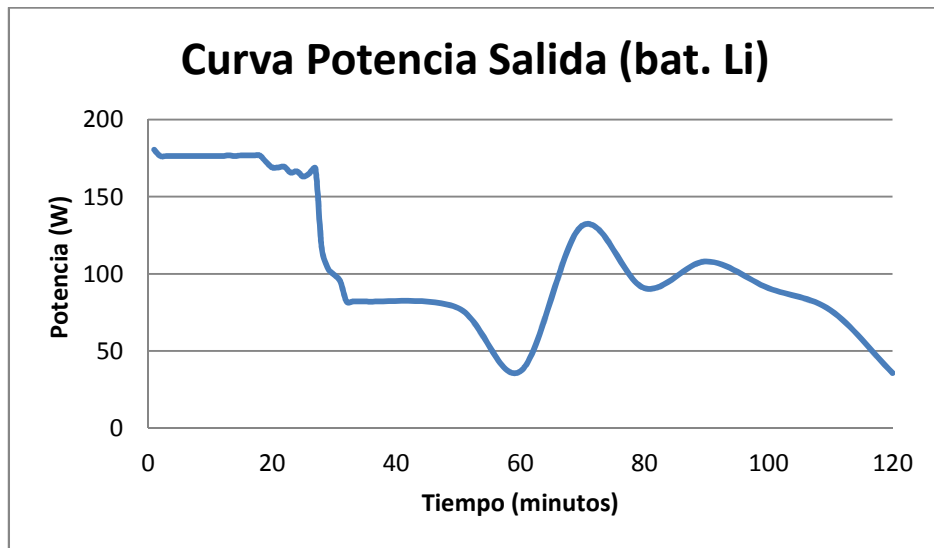
Los datos obtenidos con las baterías de litio en carga son los siguientes (esta prueba a diferencia de la anterior **se realizó durante dos horas**, para el análisis de la actuación del regulador se utilizarán **los primeros 40 minutos**)

SALIDA				
Tiempo (min)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Energía (Wh)
1	41	4,4	180,4	3,00666667
2	41	4,3	176,3	5,945
3	41	4,3	176,3	8,88333333
4	41	4,3	176,3	11,8216667
5	41	4,3	176,3	14,76
6	41	4,3	176,3	17,6983333
7	41	4,3	176,3	20,6366667
8	41	4,3	176,3	23,575
9	41	4,3	176,3	26,5133333
10	41	4,3	176,3	29,4516667
11	41	4,3	176,3	32,39
12	41	4,3	176,3	35,3283333
13	41,1	4,3	176,73	38,2738333
14	41	4,3	176,3	41,2121667
15	41,1	4,3	176,73	44,1576667
16	41,1	4,3	176,73	47,1031667
17	41,1	4,3	176,73	50,0486667
18	41,1	4,3	176,73	52,9941667
19	41,1	4,2	172,62	55,8711667
20	41,2	4,1	168,92	58,6865
21	41,2	4,1	168,92	61,5018333
22	41,3	4,1	169,33	64,324
23	41,4	4	165,6	67,084
24	41,6	4	166,4	69,8573333
25	41,8	3,9	163,02	72,5743333
26	42,3	3,9	164,97	75,3238333
27	43,1	3,9	168,09	78,1253333
28	43,2	2,7	116,64	80,0693333
29	43,2	2,4	103,68	81,7973333
30	43,2	2,3	99,36	83,4533333
31	43,2	2,2	95,04	85,0373333
32	43,2	1,9	82,08	86,4053333
33	43,2	1,9	82,08	87,7733333
34	43,2	1,9	82,08	89,1413333
35	43,2	1,9	82,08	89,1413333
50	43,2	1,8	77,76	89,1413333
60	36,8	1	36,8	89,1413333
70	41	3,2	131,2	89,1413333
80	43,2	2,1	90,72	89,1413333

90	43,2	2,5	108	89,1413333
100	43,2	2,1	90,72	89,1413333
110	40,2	1,9	76,38	89,1413333
120	39,6	0,9	35,64	89,1413333

De los datos anteriormente mostrados se han conseguido las siguientes curvas de potencia, intensidad, tensión y energía.





Observamos que a los 35 minutos la energía consumida era de 90'51 Wh y a los 50 minutos era de 109'95 Wh, extrapolando obtenemos que la energía consumida a los 40 minutos fue de 97 Wh.

Así pues:

- Energía suministrada por el regulador con las baterías sin carga: 72'97 Wh
- Energía suministrada por el regulador con las baterías con carga: 97 Wh.

En un principio y de manera simple ya se observa que la energía suministrada por el regulador es mayor cuando existe carga, con lo cual ya comenzamos a observar la función que cumple el regulador, además de manera correcta.

El motor trabajó en vacío durante la segunda prueba, con una intensidad de unos 1'7A, con lo cual la energía consumida por el motor a 36V, fue de 40'8 Wh, la diferencia de energía suministrada en los casos anteriores es de 24'03 Wh.

La diferencia es menor que la energía consumida por el motor por las siguientes razones:

- Las baterías de plomo-ácido, no comenzaron cargadas totalmente, se puede observar en la curva de potencia como disminuyen estas a medida que avanza el tiempo, con lo que si las baterías hubieran estado cargadas al 100%, la potencia y debería de haber sido prácticamente constante. Con lo cual al estar las de litio totalmente cargadas, el regulador suministró una energía a las baterías de plomo que no suministró a las baterías de litio.
- Por otra parte la segunda prueba (con carga) fue realizada en un horario de menor captación de energía.
- Por último, las baterías de litio tienen una mayor eficiencia, cosa que también justifica dicha diferencia.

Con lo que existe una mayor energía suministrada en la primera prueba por las razones comentadas.

5-PANELES FOTOVOLTAICOS

5. PANELES FOTOVOLTAICOS.

Los paneles o módulos fotovoltaicos (llamados comúnmente paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos) están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos (electricidad solar). El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

- Radiación de 1000 W/m²
- Temperatura de célula de 25 °C (no temperatura ambiente).

Las placas fotovoltaicas se dividen en:

- Cristalinas
 - Monocristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los 4 lados cortos, si se observa, se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada).
 - Policristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.
- Amorfas: cuando el silicio no se ha cristalizado.

Su efectividad es mayor cuanto más grandes son los cristales, pero también su peso, grosor y coste. El rendimiento de las primeras puede alcanzar el 20% mientras que el de las últimas puede no llegar al 10%, sin embargo su coste y peso es muy inferior.

Punto de máxima potencia:

Una placa o célula solar puede operar en un amplio rango de voltajes e intensidades de corriente. Esto puede lograrse variando la resistencia de la carga, en el circuito eléctrico, por una parte, y por la otra variando la irradiación de la célula desde el valor cero (valor de cortocircuito) a valores muy altos (circuito abierto) y se puede determinar el punto de potencia máxima teórica, es decir, el punto que maximiza V y tiempo frente a I , o lo que es lo mismo, la carga para la cual la célula puede entregar la máxima potencia eléctrica para un determinado nivel de radiación.

El punto de potencia máxima de un dispositivo fotovoltaico varía con la iluminación incidente. Para sistemas bastante grandes se puede justificar un incremento en el precio con la inclusión de dispositivos que midan la potencia instantánea por medida continua del voltaje y la intensidad de corriente (y de ahí la potencia transferida), y usar esta información para ajustar, de manera dinámica, y en tiempo real, la carga para que se transfiera, siempre, la máxima potencia posible, a pesar de las variaciones de luz, que se produzcan durante el día.

5.1. INFORMACIÓN ACERCA DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS.

Diversas son las aplicaciones que tienen estos elementos, aquí una lista, incluida una pequeña explicación de los paneles fotovoltaicos de alta concentración. También información sobre lo que es un *panel solar*.

5.1.1. Aplicaciones.

- ✓ Centrales conectadas a red con subvención a la producción.
- ✓ Estaciones repetidoras de microondas y de radio.
- ✓ Electrificación de pueblos en áreas remotas (Electrificación rural).
- ✓ Instalaciones médicas en áreas rurales.
- ✓ Corriente eléctrica para casas de campo.
- ✓ Sistemas de comunicaciones de emergencia.
- ✓ Sistemas de vigilancia de datos ambientales y de calidad del agua.
- ✓ Faros, boyas y balizas de navegación marítima.
- ✓ Bombeo para sistemas de riego, agua potable en áreas rurales y abrevaderos para el ganado.
- ✓ Balizamiento para protección aeronáutica.
- ✓ Sistemas de protección catódica.
- ✓ Sistemas de desalinización.
- ✓ Vehículos de recreo y **solares**
- ✓ Señalización ferroviaria.
- ✓ Sistemas para cargar los acumuladores de barcos.
- ✓ Fuente de energía para naves espaciales.
- ✓ Postes SOS (Teléfonos de emergencia de carretera).
- ✓ Parquímetros.
- ✓ Recarga de Scooters Eléctricos

5.1.2. Paneles de alta concentración.

Fruto de un convenio de colaboración firmado por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), a través de su Instituto de Energía Solar, la empresa Guascor Fotón y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, organismo del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio español, se ha realizado la primera instalación solar de alta concentración de silicio en explotación comercial de Europa.

Se trata de una instalación solar fotovoltaica que, frente a una convencional, utiliza una extraordinaria reducción de silicio y convierte la luz solar en energía eléctrica con muy alta eficiencia. Esta tecnología surge como forma de aprovechar al máximo el potencial del recurso solar y evitar por otra parte la dependencia del silicio, cada vez más escaso y con un precio cada vez mayor debido al aumento de la demanda por parte de la industria solar.

Desde los años 70 se han realizado investigaciones sobre la tecnología de concentración fotovoltaica de manera que ha mejorado su eficiencia hasta conseguir superar a la fotovoltaica tradicional. No fue hasta los años 2006-2007 que las tecnologías de concentración pasaron de estar reducidas al ámbito de la investigación y empezar a conseguir los primeros desarrollos comerciales. En 2008 el ISFOC (Instituto de Sistemas Solares Fotovoltaicos de Concentración) puso en marcha en España una de las mayores de este tipo a nivel mundial, conectando a la red 3MW de potencia. En este proyecto participaron varias empresas que utilizaban diversas tecnologías de concentración fotovoltaica (CPV).

Algunas de estas tecnologías utilizan lentes para aumentar la potencia del sol que llega a la célula. Otras concentran con un sistema de espejos la energía del sol en células de alta eficiencia para obtener un rendimiento máximo de energía. Algunas empresas como SolFocus ya han empezado a comercializar la tecnología CPV a gran escala y están desarrollando proyectos en Europa y EE.UU. que superan los 10MW en 2009.

La tecnología de concentración fotovoltaica se dibuja como una de las opciones más eficientes en producción energética a menor coste para zonas de alta radiación solar como son los países mediterráneos, las zonas del sur de EE.UU, México, Australia...

5.1.3. Panel solar.

Un panel solar es un módulo que aprovecha la energía de la radiación solar. El término comprende a los colectores solares utilizados para producir agua caliente (usualmente doméstica) y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad.

Los paneles fotovoltaicos: están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Las celdas a veces son llamadas células fotovoltaicas, del griego "fotos", luz. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía luminosa produce cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

Los paneles fotovoltaicos, además de producir energía que puede alimentar una red eléctrica terrestre, pueden emplearse en vehículos eléctricos y barcos solares. Lo mejor de estas técnicas se reúne en competiciones como la *Solar Splash* en América del Norte, o la *Frisian Nuon Solar Challenge* en Europa.

En 2005 el problema más importante con los paneles fotovoltaicos era el costo, que ha estado bajando hasta 3 o 4 dólares por vatio. El precio, del silicio usado para la mayor parte de los paneles ahora está tendiendo a subir. Esto ha hecho que los fabricantes comiencen a utilizar otros materiales y paneles de silicio más delgados para bajar los costes de producción. Debido a economías de escala, los paneles solares se hacen menos costosos según se usen y fabriquen más. A medida que se aumente la producción, los precios continuarán bajando en los próximos años. El área de mayor crecimiento lo forman los sistemas conectados a la red pública (*grid tied systems*). En los Estados Unidos, con incentivos de los estados, compañías eléctricas y (en 2006 y 2007) del gobierno federal, el crecimiento continuará. Los programas de contadores conectados a red (*net metering*) permiten a los usuarios recibir una compensación por cualquier energía extra que incorpore a la red. La mayor parte de este sistema compra

la energía al mismo precio de venta, aunque algunas compañías la compran a un precio cercano a 1/3 de lo que cobran. Como contraste, en Alemania se ha adoptado un sistema extremo de net-metering para incentivar el crecimiento del mercado de las energías renovables, de forma que se paga ocho veces lo que la compañía cobra. Este alto incentivo ha creado una enorme demanda de paneles solares en ese país.

Un calentador solar de agua usa la energía del Sol para calentar un líquido, el cual transfiere el calor hacia un compartimento de almacenamiento de calor. En una casa, por ejemplo, el agua caliente sanitaria puede ser calentada y almacenada en un depósito de agua caliente.

Los paneles tienen una placa receptora y tubos por los que circula líquido adheridos a ésta. El receptor (generalmente recubierto con una capa selectiva utilizado o almacenado. El líquido calentado es bombeado hacia un aparato intercambiador de energía (una bobina dentro del compartimento de almacenamiento o un aparato externo) donde deja el calor y luego circula de vuelta hacia el panel para ser recalentado. Esto provee una manera simple y efectiva de transferir y transformar la energía solar.

5.1.4. Aspectos constructivos de los paneles

Silicio cristalino y Arseniuro de galio son la elección típica de materiales para celdas solares. Los cristales de Arseniuro de galio son creados especialmente para uso fotovoltaico, mientras que los cristales de Silicio están disponibles en lingotes estándar más baratos producidos principalmente para el consumo de la industria microelectrónica. El Silicio policristalino tiene una menor eficacia de conversión, pero también menor coste.

Cuando es expuesto a luz solar directa, una celda de Silicio de 6cm de diámetro puede producir una corriente de alrededor 0,5 amperios a 0,5 voltios (equivalente a un promedio de 90 W/m², en un rango de usualmente 50-150 W/m², dependiendo del brillo solar y la eficacia de la celda). El Arseniuro de Galio es más eficaz que el Silicio, pero también más costoso.

Los lingotes cristalinos son cortados en discos finos como una oblea, pulidos para eliminar posibles daños causados por el corte. Se introducen dopantes (impurezas añadidas para modificar las propiedades conductoras) dentro de las obleas, y se depositan conductores metálicos en cada superficie: una fina rejilla en el lado donde da la luz solar y usualmente una hoja plana en el otro. Los paneles solares son contruidos con estas celdas cortadas en forma apropiada. Para protegerlos de daños en la superficie frontal causados por radiación o por el mismo manejo de éstos se los enlaza en una cubierta de vidrio y se cementan sobre un sustrato (el cual puede ser un panel rígido o una manta blanda). Se realizan conexiones eléctricas en serie-paralelo para determinar el voltaje de salida total. La cimentación y el sustrato deben ser conductores térmicos, ya que las celdas se calientan al absorber la energía infrarroja que no es convertida en electricidad. Debido a que el calentamiento de las celdas reduce la eficacia de operación es deseable minimizarlo. Los ensamblajes resultantes son llamados paneles solares o grupos solares.

Un panel solar es una colección de celdas solares. Aunque cada celda solar provee una cantidad relativamente pequeña de energía, muchas de estas repartidas en un

área grande pueden proveer suficiente energía como para ser útiles. Para obtener la mayor cantidad de energía las celdas solares deben apuntar directamente al sol.

Se dice que si un cuarto de los pavimentos y edificios de las ciudades estadounidenses fueran convertidos en paneles solares incorporados, estos proveerían suficiente energía para esa nación.

5.1.5. Cubierta solar.

Una cubierta solar es una estructura de paneles solares que se coloca sobre una cubierta, como la techumbre de un edificio, el tejado de un porche, incluso, una pérgola.

Una cubierta solar puede aprovechar cualquier tipo de tecnología y usos de la energía solar, ya sea energía solar térmica o fotovoltaica.

Una cubierta solar está compuesta por paneles solares, fotovoltaicos o térmicos; elementos estructurales de perfilaría metálica, generalmente de aluminio extorsionado; juntas de sujeción de los paneles; y material auxiliar de montaje, como tornillería y anclajes.

La ubicación de una cubierta solar así como su orientación es muy importante. Debe estar ubicada en un lugar que no reciba sombra alguna y la orientación debe ser orientada hacia el sur en el hemisferio norte (y hacia el norte, en el hemisferio sur) con un ángulo de inclinación que permita el rendimiento máximo de la captación.

Las cubiertas solares destinadas al aprovechamiento térmico tienen que estar protegidas contra el descenso nocturno de temperaturas y las heladas invernales para evitar su deterioro.

5.2. ENSAYOS CON LOS PANELES FOTOVOLTAICOS.

Se han llevado a cabo dos ensayos con los paneles fotovoltaicos, que de paso sirvieron para comprobar que las nuevas baterías de litio que emulan a las de plomo funcionan correctamente con el regulador. Por un lado se realizó una prueba en la que se conectaron las placas al regulador y este a las baterías de plomo, con el motor parado, es decir sin carga. Por otra parte se realizó el experimento con las baterías de litio, pero con el motor trabajando, es decir añadiendo carga a las baterías.

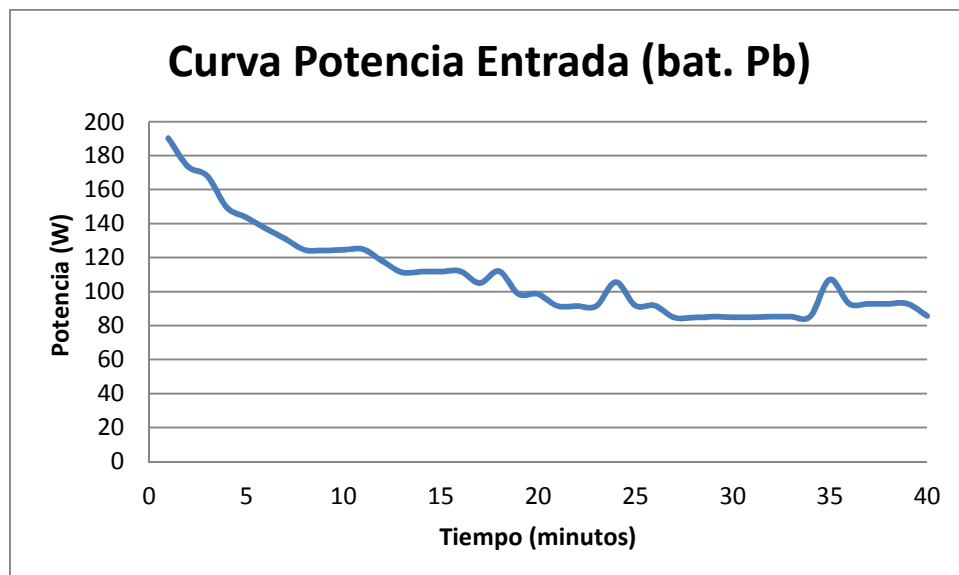
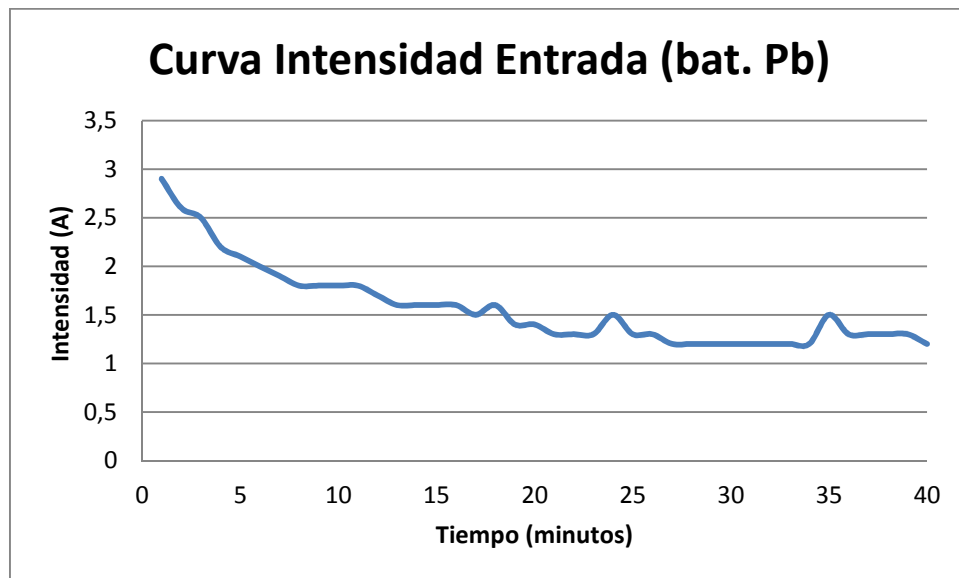
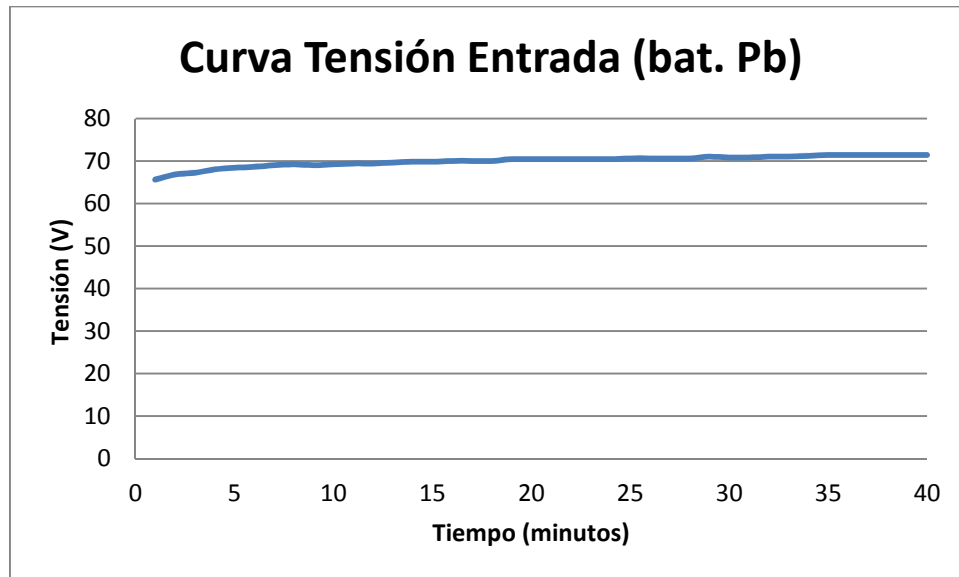
Como ya se ha comentado anteriormente este ensayo se realizó con el motor parado y con el regulador suministrando la carga a las baterías proveniente de los paneles fotovoltaicos.

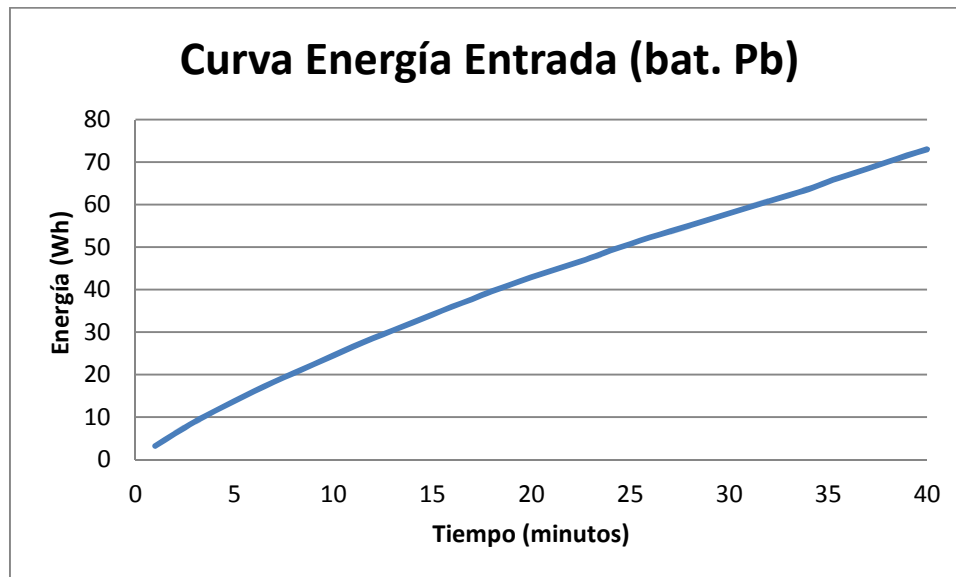
Los siguientes fueron los datos obtenidos del experimento:

Donde entrada son datos referentes a los tomados de las placas por el regulador y contador, los datos dados por el contador de energía.

ENTRADA				
Tiempo (min)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Energía (Wh)
1	65,6	2,9	190,24	3,170666667
2	66,8	2,6	173,68	6,065333333
3	67,2	2,5	168	8,865333333
4	68	2,2	149,6	11,35866667
5	68,4	2,1	143,64	13,75266667
6	68,6	2	137,2	16,03933333
7	69	1,9	131,1	18,22433333
8	69,2	1,8	124,56	20,30033333
9	69	1,8	124,2	22,37033333
10	69,2	1,8	124,56	24,44633333
11	69,4	1,8	124,92	26,52833333
12	69,4	1,7	117,98	28,49466667
13	69,6	1,6	111,36	30,35066667
14	69,8	1,6	111,68	32,212
15	69,8	1,6	111,68	34,07333333
16	70	1,6	112	35,94
17	70	1,5	105	37,69
18	70	1,6	112	39,55666667
19	70,4	1,4	98,56	41,19933333
20	70,4	1,4	98,56	42,842
21	70,4	1,3	91,52	44,36733333
22	70,4	1,3	91,52	45,89266667
23	70,4	1,3	91,52	47,418
24	70,4	1,5	105,6	49,178
25	70,6	1,3	91,78	50,70766667
26	70,6	1,3	91,78	52,23733333
27	70,6	1,2	84,72	53,64933333
28	70,6	1,2	84,72	55,06133333
29	71	1,2	85,2	56,48133333
30	70,8	1,2	84,96	57,89733333
31	70,8	1,2	84,96	59,31333333
32	71	1,2	85,2	60,73333333
33	71	1,2	85,2	62,15333333
34	71,2	1,2	85,44	63,57733333
35	71,4	1,5	107,1	65,36233333
36	71,4	1,3	92,82	66,90933333
37	71,4	1,3	92,82	68,45633333
38	71,4	1,3	92,82	70,00333333
39	71,4	1,3	92,82	71,55033333
40	71,4	1,2	85,68	72,97833333

Curvas obtenidas de los datos de la tabla anterior:



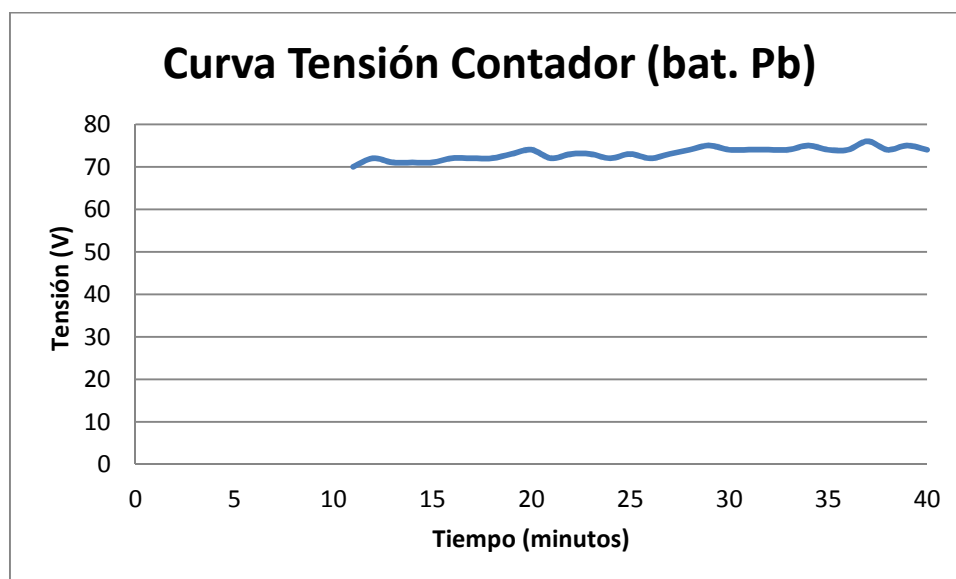


Datos tomados por el contador del suministro de las placas a las baterías:

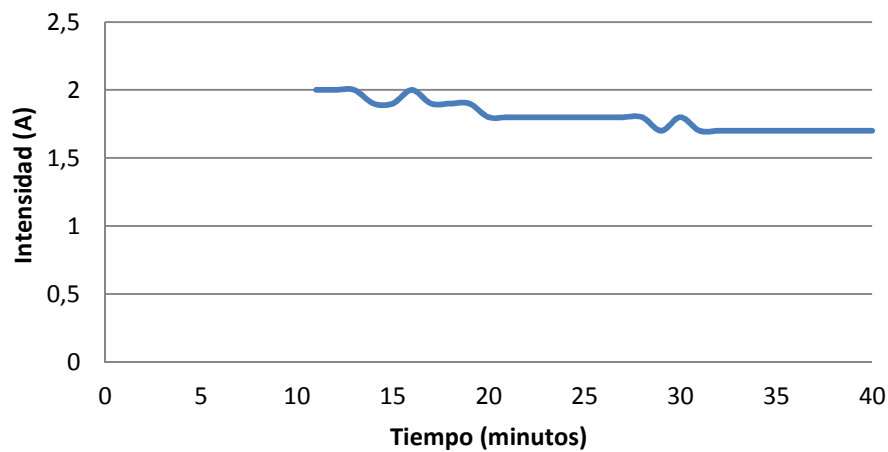
CONTADOR				
Tiempo (min)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Energía (Wh)
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	—	—	—	—
4	—	—	—	—
5	—	—	—	—
6	—	—	—	—
7	—	—	—	—
8	—	—	—	—
9	—	—	—	—
10	—	—	—	—
11	70	2	140	2,333333333
12	72	2	144	4,733333333
13	71	2	142	7,1
14	71	1,9	134,9	9,348333333
15	71	1,9	134,9	11,59666667
16	72	2	144	13,99666667
17	72	1,9	136,8	16,27666667
18	72	1,9	136,8	18,55666667
19	73	1,9	138,7	20,86833333
20	74	1,8	133,2	23,08833333
21	72	1,8	129,6	25,24833333
22	73	1,8	131,4	27,43833333
23	73	1,8	131,4	29,62833333

24	72	1,8	129,6	31,78833333
25	73	1,8	131,4	33,97833333
26	72	1,8	129,6	36,13833333
27	73	1,8	131,4	38,32833333
28	74	1,8	133,2	40,54833333
29	75	1,7	127,5	42,67333333
30	74	1,8	133,2	44,89333333
31	74	1,7	125,8	46,99
32	74	1,7	125,8	49,08666667
33	74	1,7	125,8	51,18333333
34	75	1,7	127,5	53,30833333
35	74	1,7	125,8	55,405
36	74	1,7	125,8	57,50166667
37	76	1,7	129,2	59,655
38	74	1,7	125,8	61,75166667
39	75	1,7	127,5	63,87666667
40	74	1,7	125,8	65,97333333

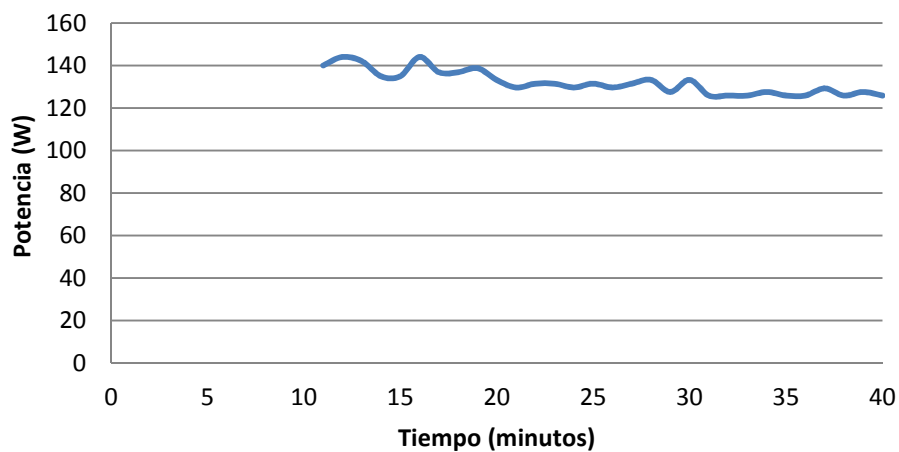
Curvas obtenidas de los datos anteriores (se comenzaron a tomar datos a partir del minuto 10):



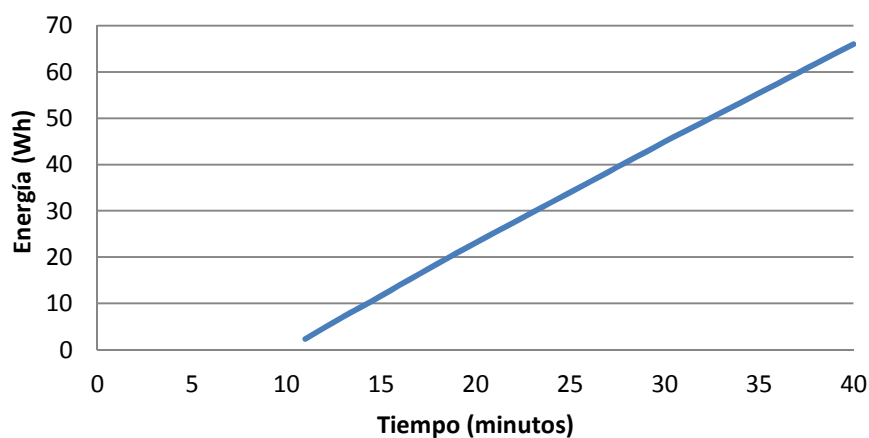
Curva Intensidad Contador (bat. Pb)



Curva Potencia Contador (bat. Pb)



Curva Energía Contador (bat. Pb)



5.2.1. Ensayo de placas con batería de litio.

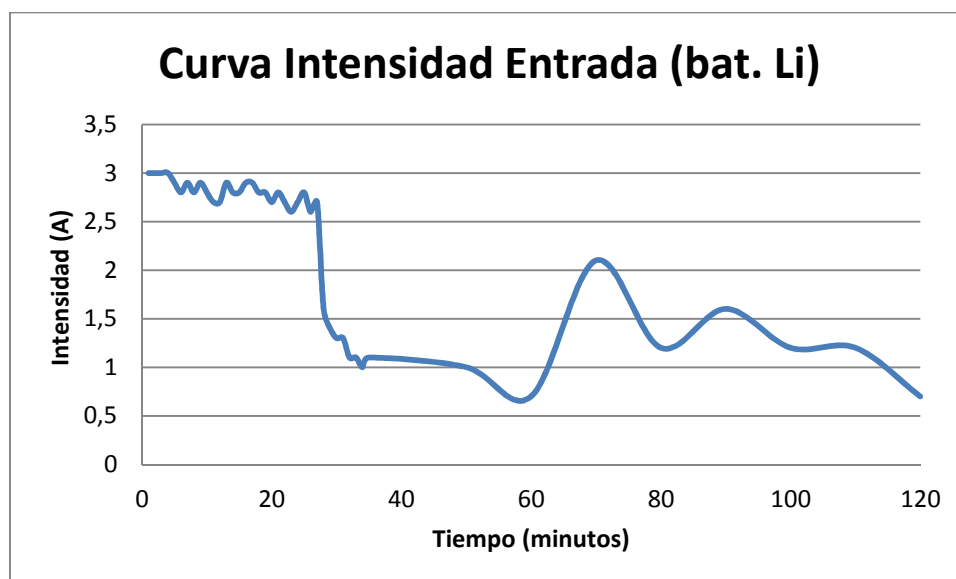
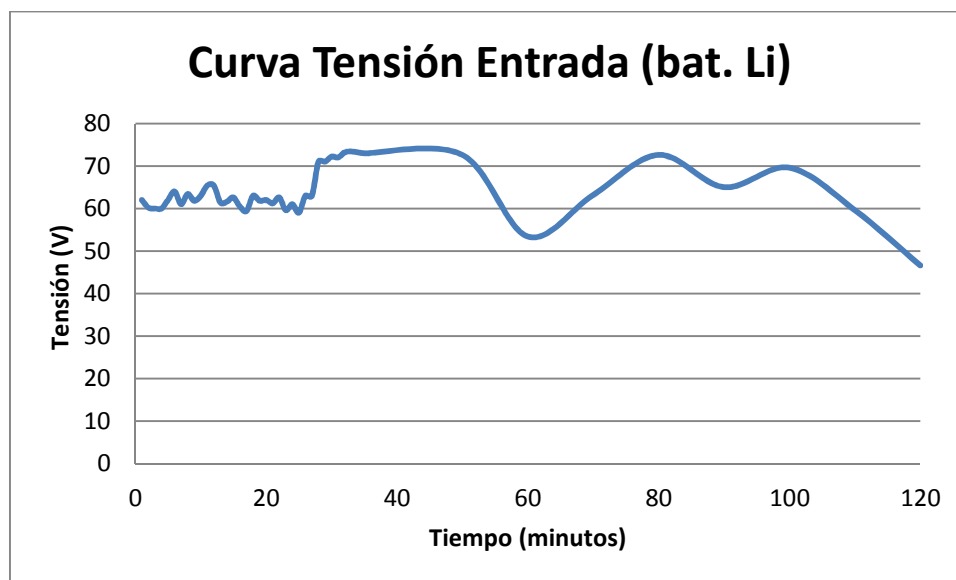
Esta prueba se realizó con las placas en carga, es decir con el motor funcionando en vacío, consumiendo en torno a 1'7A.

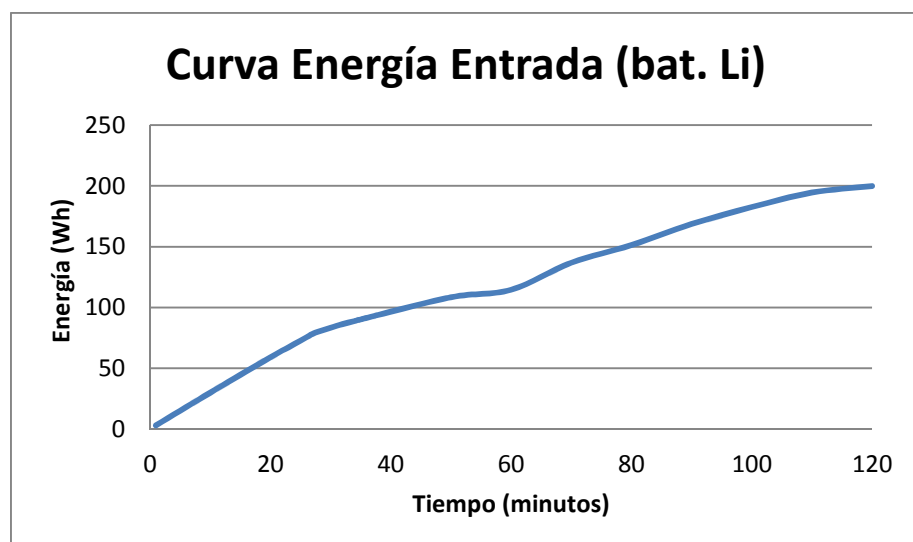
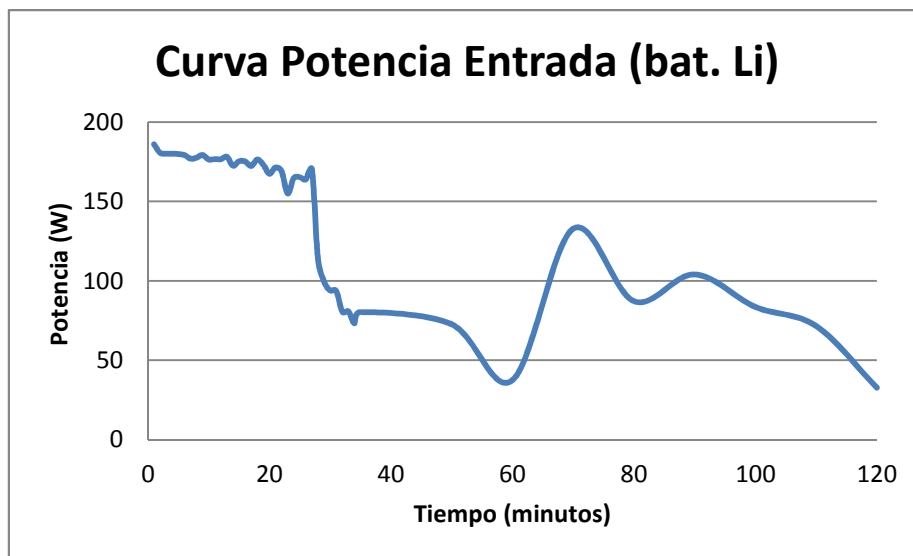
Estos son los datos conseguidos, monitorizados por el regulador:

ENTRADA				
Tiempo (min)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Energía (Wh)
1	62	3	186	3,1
2	60,2	3	180,6	6,11
3	60	3	180	9,11
4	60	3	180	12,11
5	62	2,9	179,8	15,10666667
6	64	2,8	179,2	18,09333333
7	61	2,9	176,9	21,04166667
8	63,4	2,8	177,52	24,00033333
9	61,8	2,9	179,22	26,98733333
10	63	2,8	176,4	29,92733333
11	65,4	2,7	176,58	32,87033333
12	65,4	2,7	176,58	35,81333333
13	61,4	2,9	178,06	38,781
14	61,6	2,8	172,48	41,65566667
15	62,6	2,8	175,28	44,577
16	60,4	2,9	175,16	47,49633333
17	59,4	2,9	172,26	50,36733333
18	63	2,8	176,4	53,30733333
19	61,8	2,8	173,04	56,19133333
20	62	2,7	167,4	58,98133333
21	61,2	2,8	171,36	61,83733333
22	62,6	2,7	169,02	64,65433333
23	59,6	2,6	154,96	67,237
24	61	2,7	164,7	69,982
25	59	2,8	165,2	72,73533333
26	63	2,6	163,8	75,46533333
27	63	2,7	170,1	78,30033333
28	71	1,6	113,6	80,19366667
29	71	1,4	99,4	81,85033333
30	72,2	1,3	93,86	83,41466667
31	72	1,3	93,6	84,97466667
32	73,2	1,1	80,52	86,31666667
33	73,4	1,1	80,74	87,66233333
34	73,2	1	73,2	88,88233333

35	73	1,1	80,3	90,22066667
50	72,6	1	72,6	108,3706667
60	53,4	0,7	37,38	114,6006667
70	63,2	2,1	132,72	136,7206667
80	72,6	1,2	87,12	151,2406667
90	65	1,6	104	168,574
100	69,6	1,2	83,52	182,494
110	59,6	1,2	71,52	194,414
120	46,6	0,7	32,62	199,8506667

De los datos anteriormente mostrados, obtenemos las siguientes curvas:



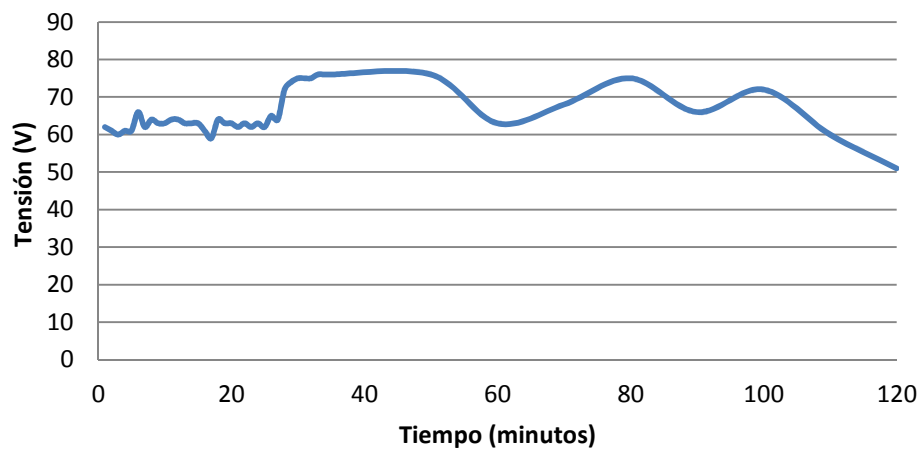


A continuación se muestran los datos obtenidos, de potencia transferida de las placas al regulador según el contador de energía.

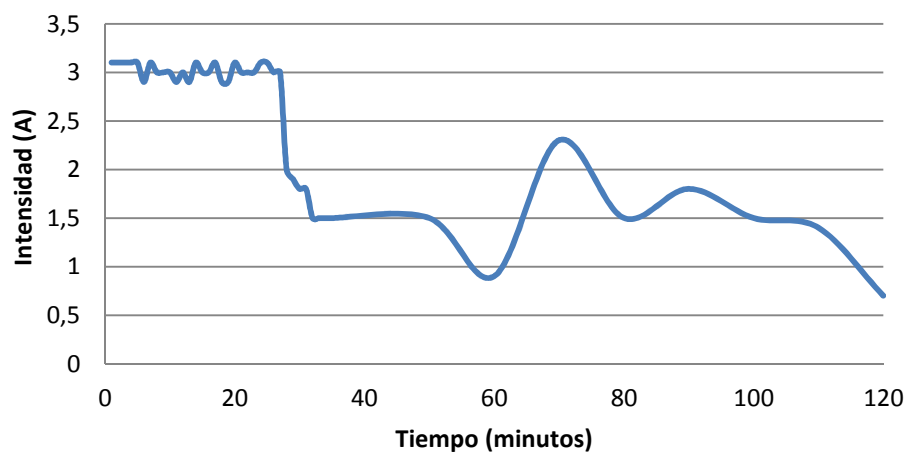
CONTADOR				
Tiempo (min)	Tensión (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Energía (Wh)
1	62	3,1	192,2	3,203333333
2	61	3,1	189,1	3,203333333
3	60	3,1	186	3,203333333
4	61	3,1	189,1	3,203333333
5	61	3,1	189,1	3,203333333
6	66	2,9	191,4	3,203333333
7	62	3,1	192,2	3,203333333
8	64	3	192	3,203333333
9	63	3	189	3,203333333

10	63	3	189	3,203333333
11	64	2,9	185,6	3,203333333
12	64	3	192	3,203333333
13	63	2,9	182,7	3,203333333
14	63	3,1	195,3	3,203333333
15	63	3	189	3,203333333
16	61	3	183	3,203333333
17	59	3,1	182,9	3,203333333
18	64	2,9	185,6	3,203333333
19	63	2,9	182,7	3,203333333
20	63	3,1	195,3	3,203333333
21	62	3	186	3,203333333
22	63	3	189	3,203333333
23	62	3	186	3,203333333
24	63	3,1	195,3	3,203333333
25	62	3,1	192,2	3,203333333
26	65	3	195	3,203333333
27	64	3	192	3,203333333
28	72	2	144	3,203333333
29	74	1,9	140,6	3,203333333
30	75	1,8	135	3,203333333
31	75	1,8	135	3,203333333
32	75	1,5	112,5	3,203333333
33	76	1,5	114	3,203333333
34	76	1,5	114	3,203333333
35	76	1,5	114	3,203333333
50	76	1,5	114	3,203333333
60	63	0,9	56,7	3,203333333
70	68	2,3	156,4	3,203333333
80	75	1,5	112,5	3,203333333
90	66	1,8	118,8	3,203333333
100	72	1,5	108	3,203333333
110	60	1,4	84	3,203333333
120	51	0,7	35,7	3,203333333

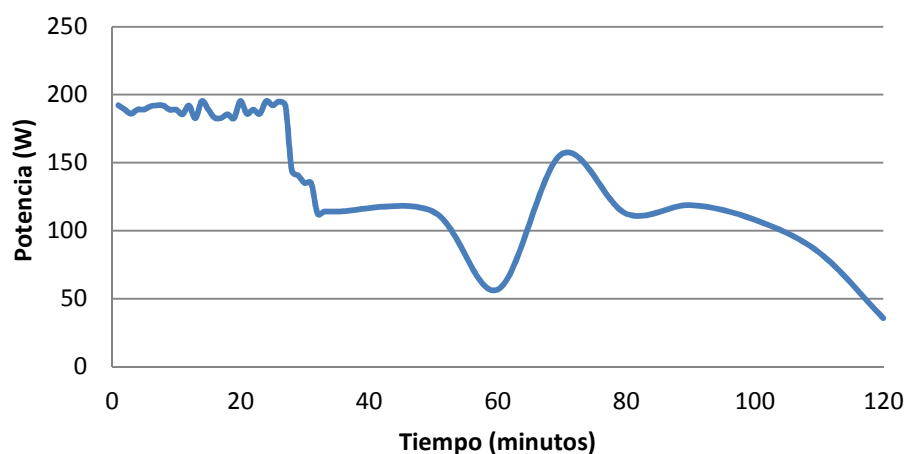
Curva Tensión Contador (bat. Li)

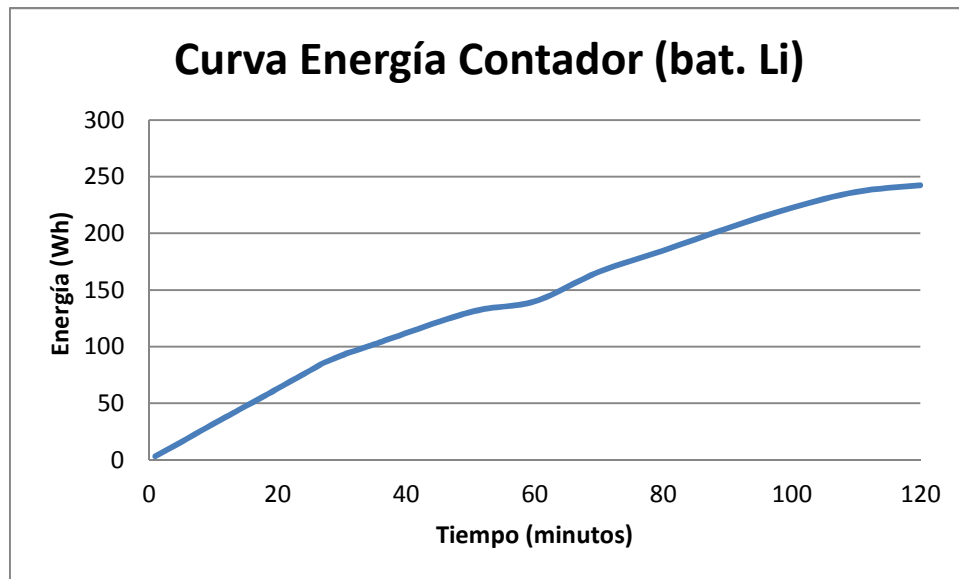


Curva Intensidad Contador (bat. Li)



Curva Potencia Contador (bat. Li)





Por último aportamos los siguientes datos de energía producida y consumida:

Energía producida: 245Wh

Energía consumida: 159 Wh

Observamos que hay un balance positivo, con lo cual en la carrera ya se calificaría. Por otra parte cabe reseñar que el resultado positivo sería más acentuado en principio, si la carga hubiera sido mayor, ya que la energía disminuye el ritmo de producción a medida que se cargan las baterías.

6-TRACCIÓN MOTOR

6. TRACCIÓN MOTOR

En este apartado se dividirá en varios apartados. Describiremos las distintas partes de la tracción motor, también se describirán pruebas realizadas para caracterizar distintos elementos como el motor, los sensores y demás.

Se adjuntarán planos constructivos de algunos elementos tales como el puño, los elementos ensambladores de la rueda al vehículo... Incluso, unas pequeñas instrucciones del montaje y desmontaje de la rueda.

Todo lo relacionado con esta parte del coche, que por otra parte sea probablemente las más importante de cara a la eficiencia.

6.1. COMPOSICIÓN TRACCIÓN MOTOR.

La parte de tracción motor del vehículo, sería la que componen el controlador del motor, el propio motor y el manillar con el puño.

En este apartado describiremos los distintos elementos anteriormente mencionados y las distintas pruebas para la caracterización y puesta en marcha de esta parte del sistema eléctrico global del vehículo.

6.1.1. Controlador motor.

La función de este elemento es la de recoger información del puño y traducirla al motor de manera que el conductor del vehículo pueda determinar la velocidad de este mediante el citado puño. La energía utilizada para suministrar al motor es procedente de un juego de baterías que se conectan al servomotor.



El modelo utilizado para el coche eléctrico Anibal, es el maxon motor control ADS 50/10 servoamplificador 4-Q-DC. (En la imagen a continuación mostrada).

De los distintos modos de funcionamiento que dispone este modelo el utilizado actualmente en Anibal, es el “compensación $I \times R$ ”, que explicado a grandes rasgos consiste en que de la siguiente expresión:

$$V + V = e + IR \quad IG + V = Kn + IR$$

Observamos que la tensión en bornes del motor depende de la velocidad y de la intensidad, con lo que el controlador, regula “G”, para aportar la tensión necesaria al motor.

Controlador Maxon motor ADS 50/10 servoamplificador 4-Q-CD.

El ADS 50/10 está protegido contra sobrecorrientes, exceso de temperatura y cortocircuitos en el bobinado del motor.

Con los transistores MOSFET de potencia incorporados en el servoamplificador, se alcanza una eficiencia hasta del 95%.

La bobina de choque incorporada con la alta frecuencia de PWM de 50kHz permite la conexión de motores de muy baja inductancia. En la mayoría de las aplicaciones no es necesaria una bobina de choque externa.

Gracias al amplio rango de tensión de alimentación, el ADS 50/10 es muy versátil y puede usarse con diferentes fuentes de alimentación. La carcasa de aluminio simplifica la instalación, al tener los terminales marcados para una fácil conexión.

➤ CARACTERÍSTICAS:

El controlador dispone de cuatro modos de funcionamiento:

- Control de velocidad por tacodinamo.
- Control de velocidad con encoder.
- Control de velocidad por compensación $I \times R$
- Control de velocidad de par o corriente.

Recomendado para Anibal los dos últimos, en la actualidad el empleado es el $I \times R$.

Se advierte que en la primera puesta en marcha del controlador, debe girar sin carga, esto ya se llevó a cabo, aunque podríamos recomendar, repetir esta acción cuando el servomotor haya estado parado durante un largo periodo de tiempo.

La tensión de alimentación sería la siguiente:

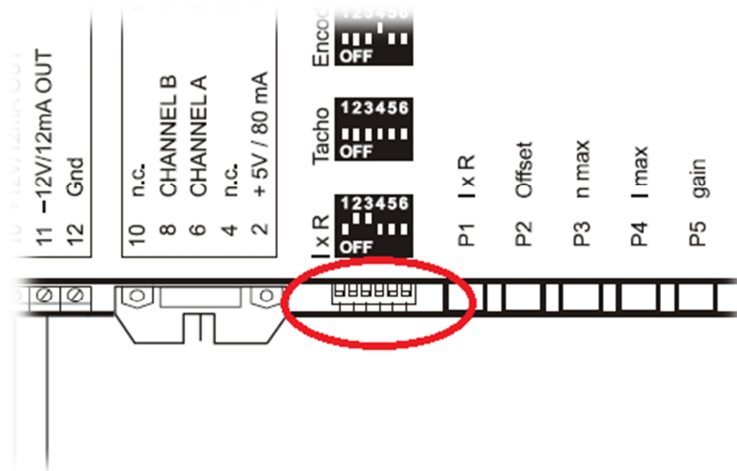
- Rango: 12-50 V
- V_{min} 11'4V
- V_{max} 52'5 V.

Otras características:

- Máxima V_{salida} 0'9Vcc
- Máxima Intensidad 20 A
- Máxima intensidad en continuo 10 A.

El conexionado sería el siguiente:

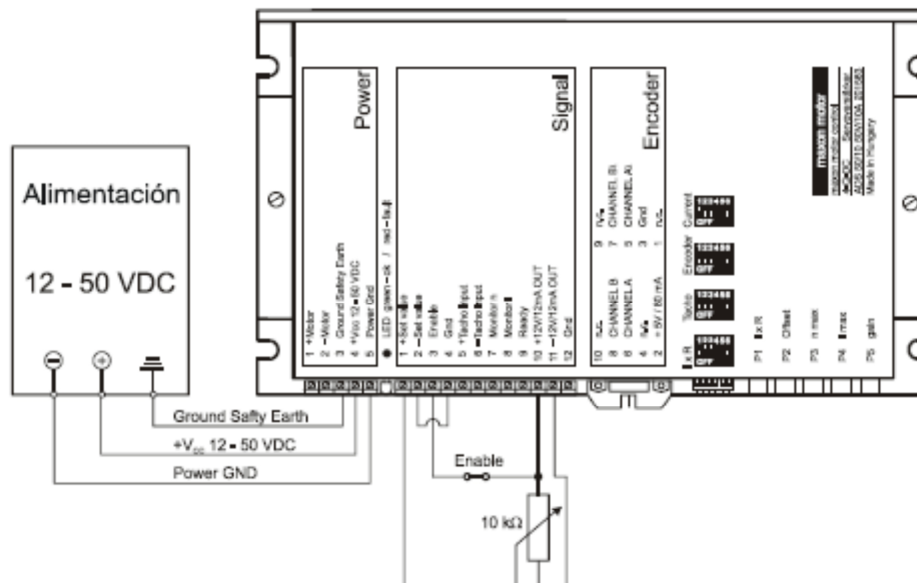
Una vez seleccionado el modo de funcionamiento habrá que habilitar este modo en el controlador por medio de las pestañas mostrada en la imagen:



En el siguiente cuadro se muestra la posición de las pestañas para los distintos modos de funcionamiento:

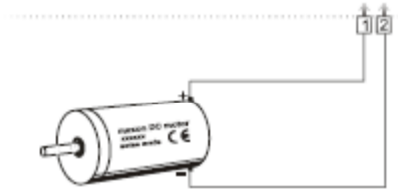
	IxR	Tacho	Encoder	Control T o I
1	OFF	OFF	OFF	ON
2	ON	OFF	OFF	OFF
3	ON	OFF	OFF	OFF
4	OFF	OFF	ON	OFF
5	OFF	OFF	OFF	OFF
6	OFF	OFF	OFF	OFF

- Parte de baterías y puño:

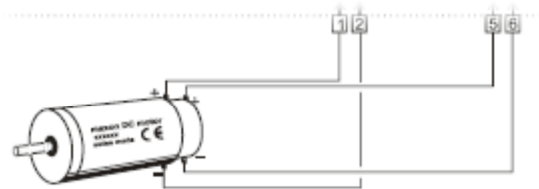


Esta conexión anteriormente mostrada está indicada para cualquiera de los modos de funcionamiento anteriormente enumerados.

- Parte del motor:



Esta conexión mostrada, sería para el modo de funcionamiento de compensación y control del par o de corriente.



Este tipo de conexión sería válido para el modo controlado por tacodinamo.



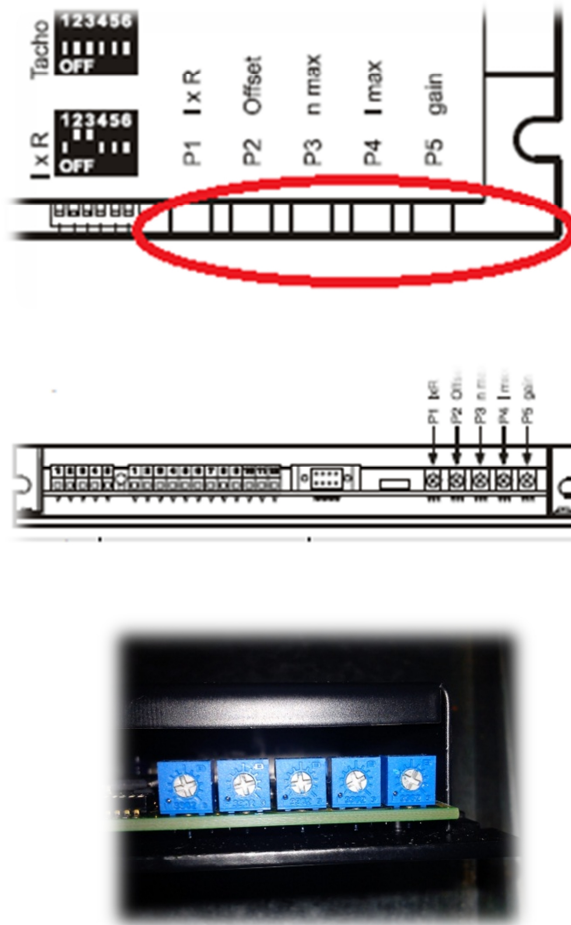
Por último, este tipo de conexionado es apto para el modo de funcionamiento con encoder.

Cabe destacar que la alimentación exigida deberá tener las siguientes características:

- Tensión 12-50V
- Rizo < 5%
- Isalida 10 A en continuo, y dependiendo de la carga 20 A de pico.

➤ AJUSTE:

Habrán dos tipos de ajuste, uno para los modos de funcionamiento con encoder, con tacodinamo y para el de compensación y otra forma de ajuste para el modo de control de par o corriente. El ajuste se realiza mediante unos tornillos que se encuentran en la parte frontal de la sección señalada.



Potenciómetros	Función	Derecha	Izquierda
P1 IxR	Compensación IxR	Compensación débil	Compensación fuerte
P2 Offset	Ajuste $n=0$ / $I=0$, con señal de control a 0	Motor gira izq.	Motor gira dcha.
P3 nmax	Ajuste velocidad máxima con set value 10V	Menos velocidad	Más velocidad
P4 I max	Límite de corriente	Baja, min 0'5A	Alta, máx 10 A
P5 gain	Ganancia	Baja	Alta

- Ajuste 1: Tacodinamo, Encoder y compensación IxR.

Este tipo de ajuste ha sido comprobado experimentalmente ya que es el adecuado para el modo de funcionamiento actual de Anibal, es el IxR, con lo que ha tenido que ser llevado a cabo para la puesta en funcionamiento del coche.

- 1- Ajustar señal de control al máximo (10V), y ajustar P3, hasta alcanzar la velocidad deseada. Para conseguir que la consigna sea proporcional a la velocidad del motor, lo ideal es poner al máximo P3 (tornillo girado a tope a la derecha) y poco a poco ir girándolo a la izquierda hasta que la velocidad comience a disminuir. En ese momento girar levemente de nuevo a la derecha el tornillo, de manera que quede ajustado al máximo de velocidad pero en el límite en el cual la velocidad comienza a disminuir desde su máximo.
- 2- Ajustar P4 para fijar el límite de corriente deseado. En el caso de Anibal se queda al máximo ya que el límite de intensidad del controlador es de 10 A, que coincide con el máximo de intensidad soportada por el motor.
- 3- Regular P5, hasta que la ganancia sea la deseada. Lo recomendado es dejarlo a la mitad, o un poco inferior a esta.
- 4- Ajuste señal de control a 0 V (cortocircuitando la entrada set value), y después fijar la velocidad del motor a 9 con P2. En la práctica, una vez que se fijó la consigna a 0 V, se hizo un ajuste fino como se indica anteriormente con P2, hasta conseguir la velocidad nula del coche. Normalmente esto cambiará si se encuentra con carga o no la rueda.
- 5- Ajustar lentamente P1 hasta que la compensación se regule de tal manera que en el caso de cargas altas o la velocidad del motor no varíe o disminuya ligeramente.

- Ajuste 2: Control de par o corriente.

Para este tipo de ajuste, se llevará a cabo el paso 2 del anterior, teniendo en cuenta que el límite de intensidad no deberá de ser superior a la intensidad máxima soportada por el motor y a continuación el paso 4 del ajuste anterior.

➤ FUNCIONES:

El controlador tiene una serie de entradas a continuación enumeradas:

- Señal de control Set Value:
 - Rango de tensión: -10 a 10 V
 - Circuito de entrada diferencial
 - Resistencia de entrada 20 k
 - Señal de control positiva, tensión o intensidad en la salida negativa, y el eje gira a la izquierda y viceversa.

- Enable: si se aplica un voltaje de entrada “Enable”, el servoamplificador aplica un voltaje al bobinado del motor. Si la entrada “Enable” no está abierta o está conectada a masa, la etapa de potencia estará desconectada. La entrada “Enable” está protegida contra cortocircuitos.
 - Enable: con un voltaje mínimo de entrada de 4VCC y uno máximo de 50VCC. Una resistencia de entrada de 15k y un tiempo de conmutación de 500µs (a 5V)
 - Disable: con un voltaje mínimo de entrada de 0VCC y uno máximo de 2’5VCC. Una resistencia de entrada de 15k y un tiempo de conmutación de 100µs (a 0V).

Cabe destacar, la importancia de esta función dentro del vehículo eléctrico Anibal, ya que con ella se ha instalado en la parte delantera del coche, un interruptor, el cual permite al piloto, desde su posición en el vehículo activar o desactivar el controlador, y en consecuencia el coche, ya que con el controlador “off”, el coche no puede iniciar la marcha.

Con respecto a esto, con el interruptor mirando hacia abajo, el controlador estará disable, y cuando el interruptor mire hacia arriba, el controlador estará enable, ya que se cerrará el circuito y se le aplicará una tensión a esta entrada.

- Tacodinamo CC: el rango de velocidad se ajusta con el potenciómetro P3. Para utilizar al completo el rango de control de +/-10, el rango de voltaje en la entrada de tacodinamo debe ser al menos de +/- 2V.
 - Mínimo voltaje de entrada 2V y de máximo 50V. Por último, resistencia de entrada de 14k
- Encoder: con una tensión de 5VCC máx. y 80 Ma. La máxima frecuencia del encoder, con interruptor DIP S5 ON 10kHz y con el interruptor OFF 100kHz. Los valores lógicos del voltaje son en TTL bajo máximo 0’8V y alto mínimo 2 V.

También dispone el controlador de una serie de salidas, a continuación descritas:

- Monitor de corriente “Monitor I”: el controlador proporciona un valor real de la corriente para fines de monitorización. La señal es proporcional a la corriente del motor. La salida “Monitor I” está protegida contra cortocircuitos.
 - Rango de voltaje de salida: -10 + 10 VCC
 - Resistencia de entrada 100
 - Gradiente: 0’4 V/A aproximadamente
 - Un voltaje positivo en la salida monitor de corriente corresponde una corriente negativa en el motor.
 - Un voltaje negativo a la salida monitor de corriente corresponde una corriente positiva en el motor.

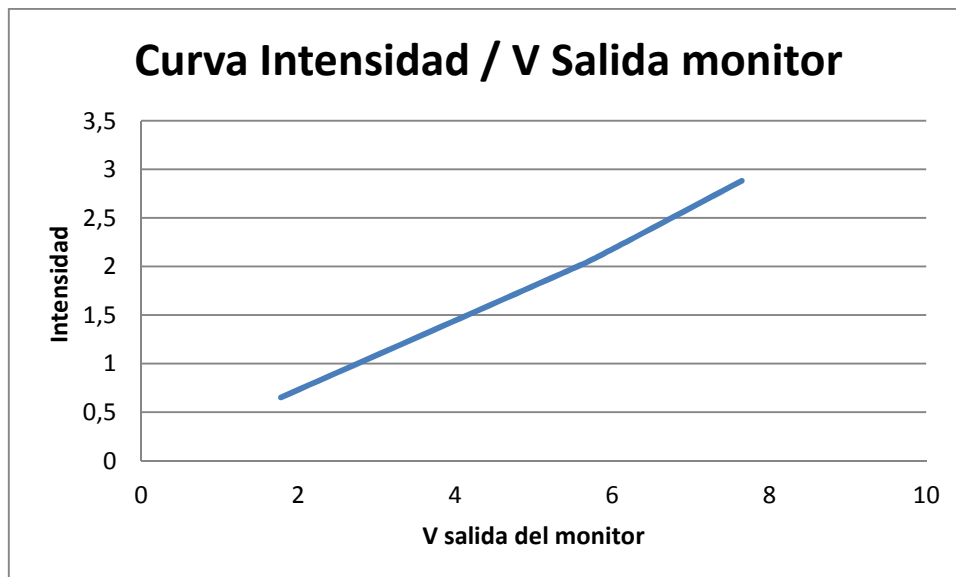
Esta salida, es utilizada en el coche Anibal, con la CRIO incorporada en el vehículo se recoge información dada por Monitor I, y se monitoriza. Para ello fue necesario determinar una constante en cuanto a la relación salida de tensión de Monitor I con la intensidad real. A continuación, se explicará el procedimiento para ello y su conclusión.

Estimación de la constante para el monitor I:

Se procedió tomando datos de la tensión de salida del monitor I, con distintos niveles de intensidad en el motor.

	Intensidad (A)	V monitor (V)
Carga 1	1,78	0,65
Carga 2	5,45	1,96
Carga 3	5,82	2,1
Carga 4	7,65	2,88

Se obtuvo la siguiente curva:



Cuya función es la siguiente:

$$V_{\text{monitor I}} = 0'368X$$

Con lo cual la constante es **0'368**.

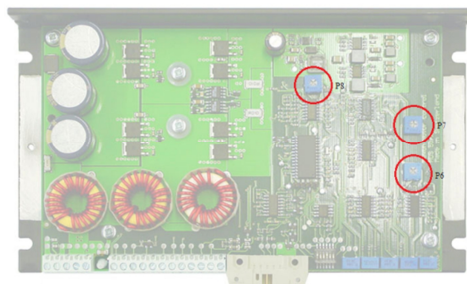
- Monitor de velocidad “Monitor n”: el monitor de velocidad está diseñado para al estimación del movimiento. La velocidad absoluta está limitada por las propiedades de los sensores de velocidad y por el ajuste del potenciómetro P3. El voltaje de salida del monitor de velocidad es proporcional al número de revoluciones del motor. El voltaje de salida es de 10V cuando se alcanza el número máximo de revoluciones marcadas por el potenciómetro P3. La salida “Monitor n” está protegida contra cortocircuitos.
 - Rango de voltaje de salida -10 +10VCC.
 - Resistencia de salida 100
 - Es decir -10V la velocidad máxima negativa (es decir en una dirección) 0V corresponde con 0rpm y por último 10V es la velocidad máxima en la dirección opuesta a -10V.
- Lectura del estado “Ready”: la señal “Ready” se puede usar para informar tanto del estado operativo como de un fallo a un sistema superior de control. La salida “Colector Abierto” está normalmente conectada a masa cuando no hay fallos. En caso de un fallo por exceso de temperatura o corriente, el transistor de salida deja de conducir. La condición de fallo queda memorizada. Para poner en marcha otra vez el servoamplificador debe ser reactivado (Enable). En caso de que la situación de fallo continúe, el transistor de salida cambiará de inmediato al estado de no conducción otra vez.

Las características son:

- Rango de voltaje de entrada max 30 VCC
- Corriente de carga 20mA

➤ AJUSTES ADICIONALES:

Existen tres potenciómetros más con los que se pueden ajustar el controlador. No se encuentran en el frontal de la imagen de páginas anteriores, se encuentra en el interior del controlador como se puede comprobar en la siguiente imagen.



- Ajustes del potenciómetro P6 (ganancia de velocidad) y potenciómetro P7 (ganancia de intensidad):

En la mayoría de aplicaciones, el ajuste de la regulación es completamente satisfactorio usando los potenciómetros P1 al P5. En casos especiales la respuesta transitoria puede optimizarse regulando el potenciómetro P6 “ganancia de regulador de velocidad”. El potenciómetro P7, “ganancia del regulador de corriente” puede, además, adaptarse a la dinámica del regulador de corriente.

Se recomienda comprobar la eficacia de los ajustes del P6 y P7 midiendo la respuesta transitoria en las salidas “Monitor n” y “Monitor I” con un osciloscopio.

- Ajuste de P8 (interruptor de modo límite de corriente):

Si el microinterruptor 6 está desactivado (DIP switch S6 OFF) el único límite de la corriente del motor lo determina el potenciómetro P4.

Si se activa el microinterruptor S6, se activa también un limitador de corriente cíclico. Este método limitador de corriente permite un cierto nivel de protección del motor contra sobrecalentamiento.

Durante 0'1 segundos la corriente del motor está limitada al valor del potenciómetro P4. Luego durante 0'9 segundos la corriente del motor está limitada al valor del potenciómetro P8. Después de un segundo se repite de nuevo este ciclo.

- Interruptor de máxima frecuencia del encoder (DIP switch S5).

El interruptor DIP S5 permite seleccionar la máxima frecuencia de entrada del encoder. La máxima frecuencia estándar del encoder es de 100kHz.

Para obtener buenas condiciones de control con un encoder e bajas pulsaciones se tendrá que activar el microinterruptor S5.

➤ LED DE ESTADO DE FUNCIONAMIENTO:

El controlador dispone de un led que indica con los colores rojo y verde y una serie de parpadeos el estado en el que se encuentra el aparato.

- Led apagado: puede ser por diversas causas:
 - No hay tensión de alimentación.
 - Polaridad equivocada de la alimentación.
 - Cortocircuito en la alimentación de los sensores Hall.
 - Cortocircuito en la salida de 5V.

- Led encendido de color verde:
 - Si el led se mantiene encendido constantemente indica que el “*Enable*” está activado.
 - Si se dispone de un parpadeo del verde, el estado en el que se encuentra es “*Disable*”.
- Led encendido de color rojo:
 - Si se dispone de un parpadeo del tipo de la imagen (1), nos está indicando que la temperatura de la etapa sobrepasa 90°C, la etapa de salida está desconectada.



- Si se dispone de un parpadeo del tipo de la imagen (2), indica que se ha detectado una señal de control que equivalga a más de $\pm 12'5^a$ de corriente en el motor, la etapa de potencia será desconectada.



- Si se dispone de un parpadeo del tipo de la imagen (3), es porque el voltaje de alimentación interno no es el esperado, la etapa de potencia de nuevo se desconecta.



- Si se dispone de un parpadeo del tipo de la imagen (4), la frecuencia en la entrada del encoder es > 150 kHz y la etapa de potencia se desconecta.



El estado de error es almacenado. Para quitar este error, el servoamplificador debe ser deshabilitado y habilitado de nuevo. Si la causa del error no ha desaparecido la salida de error se activará de nuevo por diversas razones:

- Temperatura ambiente elevada (código de intermitencia 1)
- Máxima corriente en continuo $> 5^a$ (código de intermitencia 1)
- Circulación de aire insuficiente (código de intermitencia 1)
- Cortocircuito en el bobinado del motor (código de intermitencia 2).

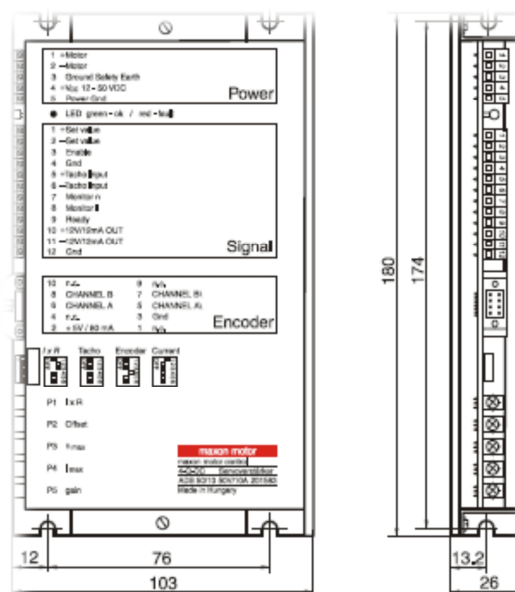
➤ ERRORES:

En principio los dos errores más típicos que podríamos encontrar serían los siguientes:

- El eje no gira:
 - Tensión de alimentación < 12VCC: habrá que revisar el conector de potencia pin 4.
 - “Enable” no activado: habrá que revisar el conector de señal pin 3.
 - La señal de control es de 0V: habrá que revisar el conector de señal pin 1 y pin 2.
 - Límite de corriente demasiado bajo: habrá que revisar el ajuste de potencia P4.
 - Modo de funcionamiento erróneo: habrá que revisar el ajuste de los interruptores.
 - Malos contactos o cableado erróneo: habrá que revisar el cableado.
 - Modo encoder: señales encoder: habrá que revisar el conector del encoder.
 - Modo tacodinamo: señales taco: habrá que revisar los conectores pin 5 y pin 6 (polaridad).
 - Modo IxR, mala compensación: habrá que revisar el ajuste del potenciómetro P1.

➤ DIMENSIONES:

Todos los datos de las dimensiones vienen dados en milímetros.



➤ CARACTERIZACIÓN CONTROLADOR MOTOR:

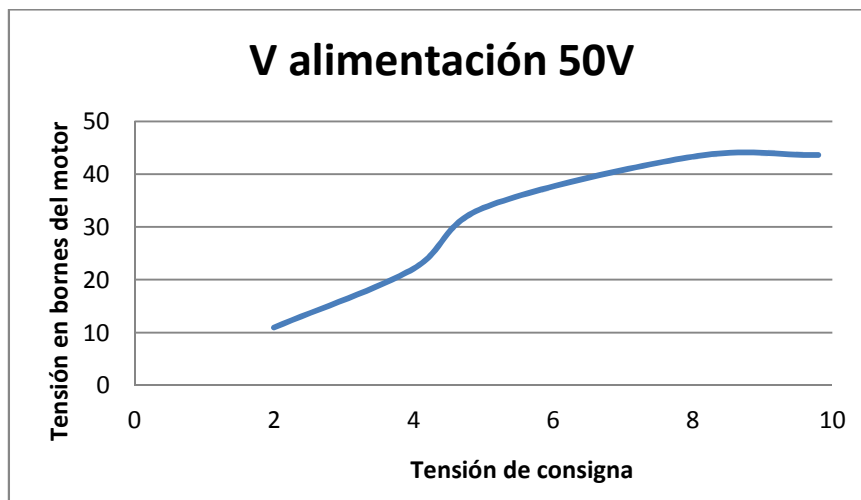
Al fin y al cabo, la función a grandes rasgos del controlador, es reducir la tensión de alimentación desde 0 hasta dicha tensión, en función del valor de consigna en cada momento, así pues se podría afirmar que la tensión aplicada en el motor podría responder al producto de una constantes, con la tensión de alimentación y la tensión de consigna, tal y como dice la siguiente expresión:

$$V_{motor} = V_{al} \cdot V_c \cdot F$$

De tres experimentos distintos a distintas tensiones de alimentación se obtuvieron los siguientes datos:

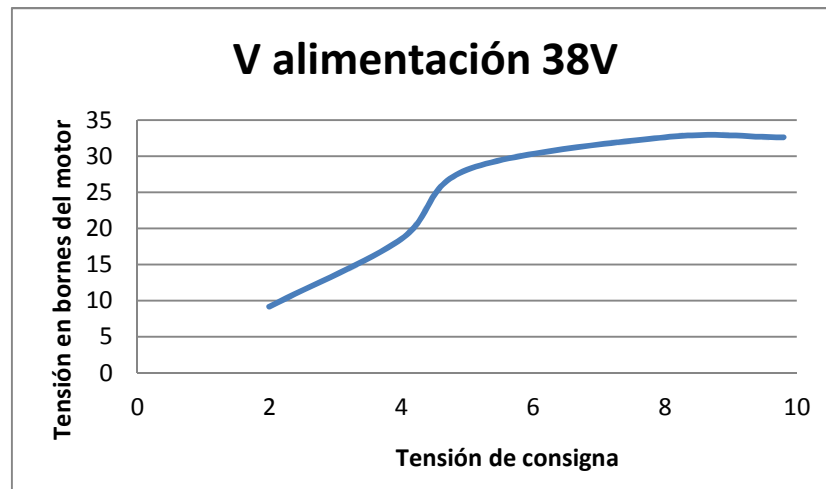
- 50V de tensión de alimentación

V consigna (V)	Velocidad (Km/h)	V motor	V alimentación	F
2	8,3	10,95	50	0,1095
4	18,9	22,1	49,8	0,110944
5	23,3	33,6	49,6	0,135484
8	33,9	43,3	49,3	0,109787
9,8	33,9	43,6	49,2	0,090426
F=				0,111228



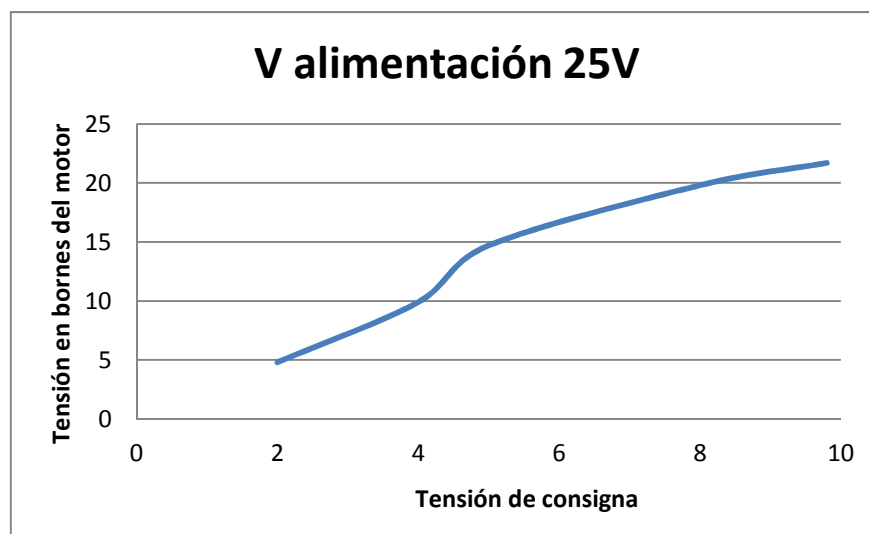
- 38V de tensión de alimentación

V consigna (V)	Velocidad (Km/h)	V motor	V alimentación	F
2	6,7	9,15	37,4	0,122326
4	13,8	18,5	37,2	0,124328
5	21,3	28,1	36,9	0,152304
8	24,9	32,6	36,8	0,110734
9,8	24,9	32,6	36,8	0,090395
F=				0,120017



- 25V de tensión de alimentación:

V consigna (V)	Velocidad (Km/h)	V motor	V alimentación	F
2	6,7	4,8	24,8	0,096774
4	7,2	9,9	24,7	0,100202
5	10,9	14,7	24,6	0,119512
8	14,8	19,8	24,5	0,10102
9,8	16,3	21,7	24,5	0,090379
F=				0,101578



Así pues el valor de F, tras realizar la media es de:

$$F = 0'111$$

Se podría concluir, que la tensión del motor es casi proporcional a la consigna, excepto en su tramo final que adquiere una forma casi logarítmica, y nunca alcanza el valor de alimentación debido a las pérdidas internas del controlador.

6.1.2. Motor.



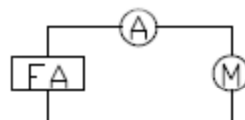
➤ DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA E INTENSIDAD EN VACÍO.

El motor utilizado, es uno de 200W (imagen anterior), que en vacío según los datos tomados en el laboratorio, son los siguientes:

- $I = 1.7A$
- $V = 32V$

Para la determinación de la resistencia interna, procedimos de dos maneras. Por un lado, fue medida con un polímetro, y según el cual el valor de esta es de 0.6Ω .

Por otra parte, con la siguiente expresión y el esquema utilizado, que fue el siguiente:



$$V = K_e n + RI$$

A motor trabado, es decir con $n=0$ rpm, la expresión anterior quedaría de la siguiente manera:

$$V = RI$$

De esta manera tomamos, dos datos, uno a 1V y otro a 2'7V. Los datos de intensidad obtenidos, fueron 2'83A y 4'8A respectivamente. Así pues:

$$R_1 = \frac{V_1}{I_1} = 0.35\Omega$$

$$R_2 = \frac{V_2}{I_2} = 0.41\Omega$$

Con lo cual, finalmente podríamos decir que el valor de la resistencia interna es de:

$$R_{int} = 0.4\Omega$$

➤ CARACTERIZACIÓN DEL MOTOR: CURVAS DE INTERÉS Y CONSTANTES K_p y K_e .

Para la determinación de las distintas curvas del motor, como par – velocidad, por ejemplo, se realizó una serie de pruebas, repetidas en dos días distintos.

Cabe destacar, que los datos de tensión e intensidad son tomados de la fuente de alimentación. Y el radio de la rueda es de 22cm.

Para la realización del experimento, se utilizó una bancada ajustable a la rueda. A continuación es mostrada:



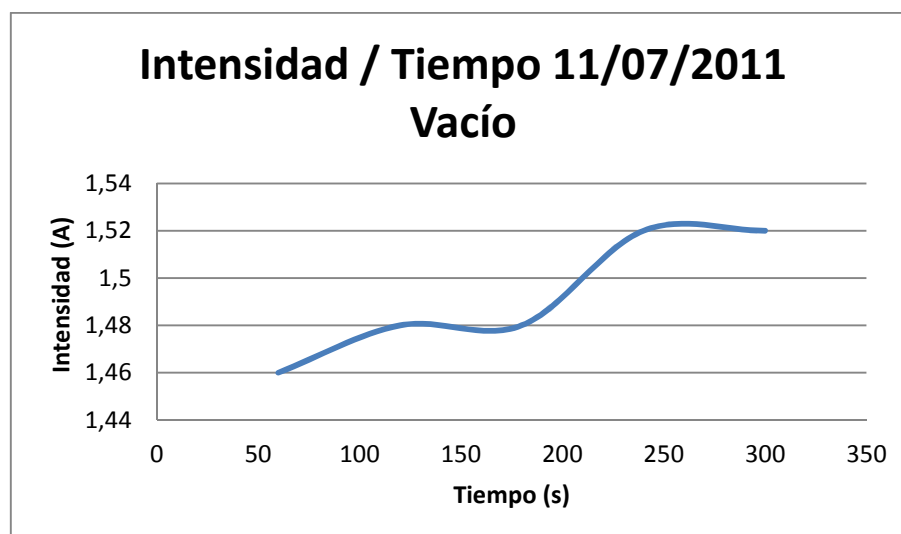
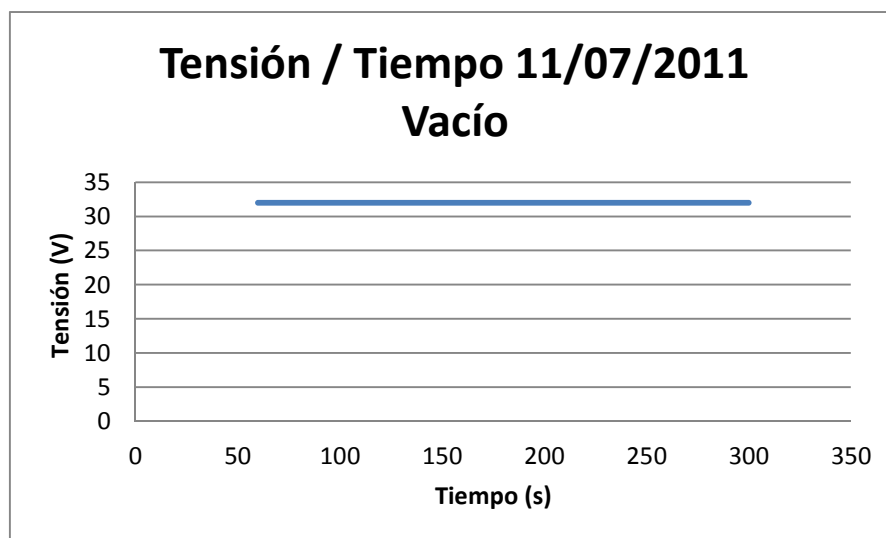
Como se puede observar, dispone de un regulador de carga (de forma circular de color blanco, a la izquierda de la imagen), con el cual podremos poner distintos niveles de carga, para los experimentos que se realizaron.

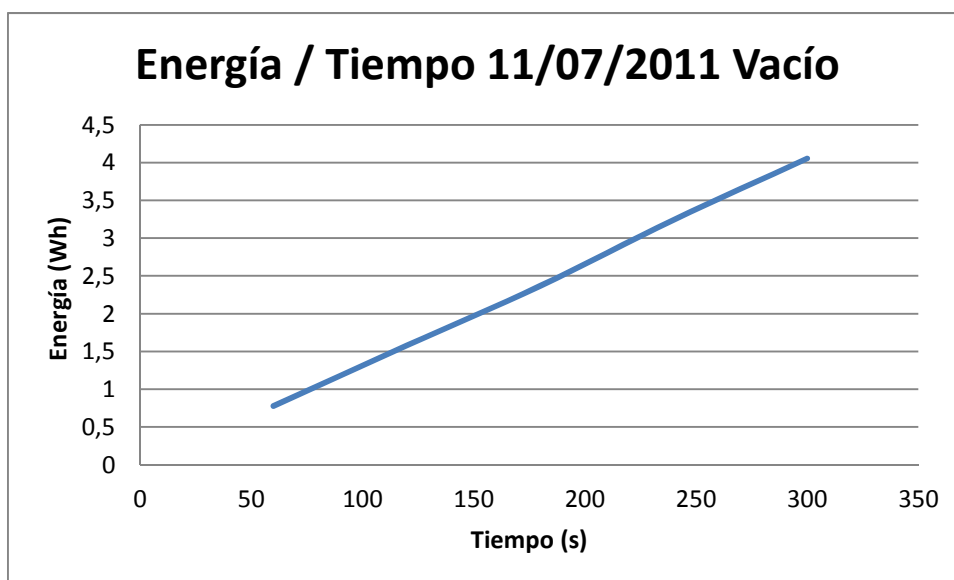
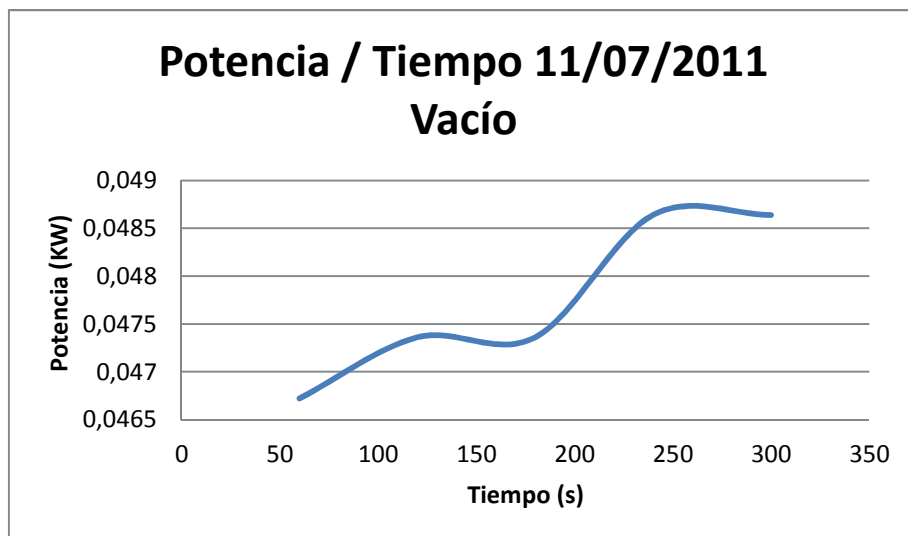
Datos recogidos el DÍA 1 (11 – 07 – 2011):

. – En vacío:

T(s)	V(V)	I(A)	P(KW)	E (Wh)
60	32	1,46	0,04672	0,778666667
120	32	1,48	0,04736	1,578666667
180	32	1,48	0,04736	2,368
240	32	1,52	0,04864	3,242666667
300	32	1,52	0,04864	4,053333333

Las curvas dadas por los datos son las siguientes:



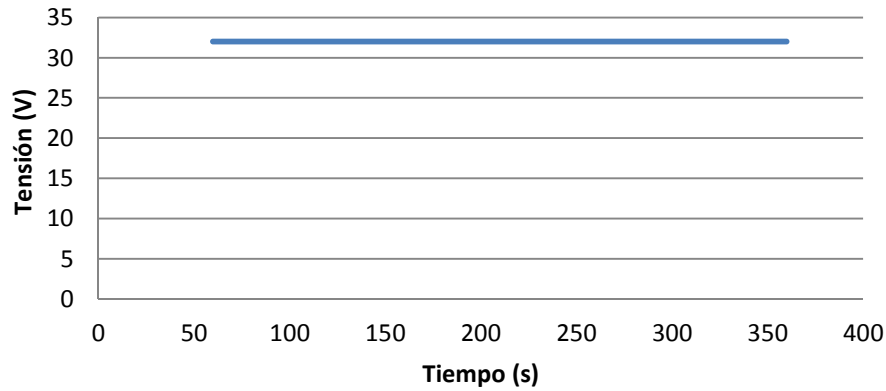


- Nivel de carga 1

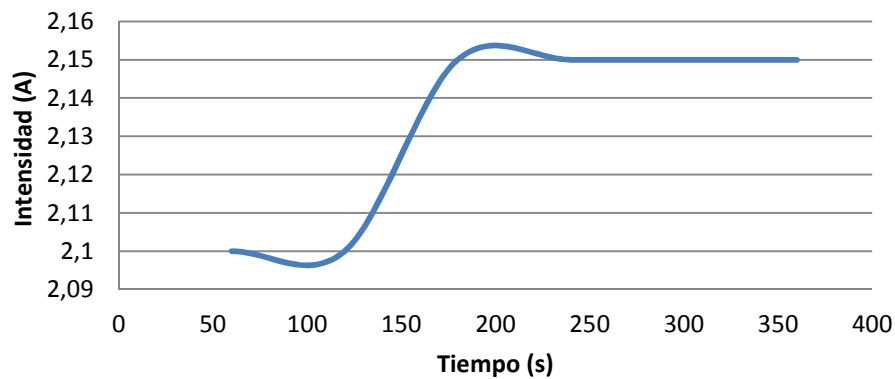
T(s)	V(V)	I(A)	P(KW)	E (Wh)
60	32	2,1	0,0672	1,12
120	32	2,1	0,0672	2,24
180	32	2,15	0,0688	3,44
240	32	2,15	0,0688	4,586666667
300	32	2,15	0,0688	5,733333333
360	32	2,15	0,0688	6,88

Las curvas dadas por los datos son las siguientes:

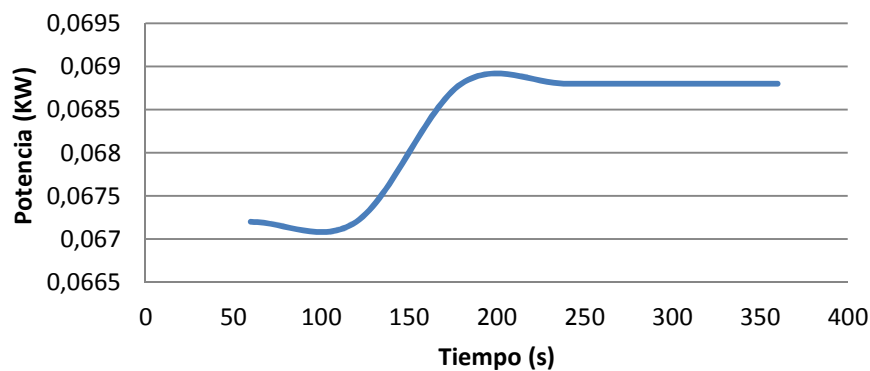
Tensión / Tiempo 11/07/2011 Carga 1

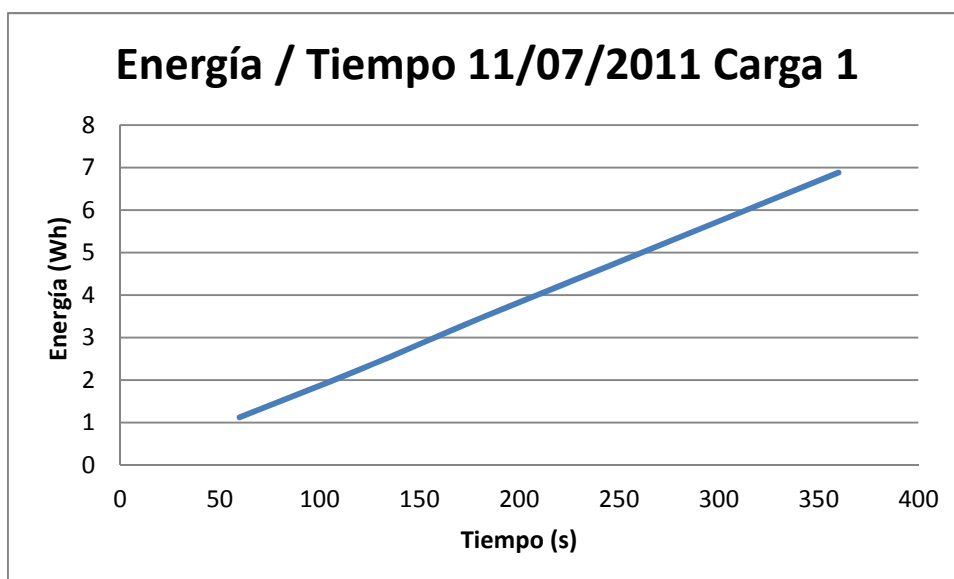


Intensidad / Tiempo 11/07/2011 Carga 1



Potencia / Tiempo 11/07/2011 Carga 1

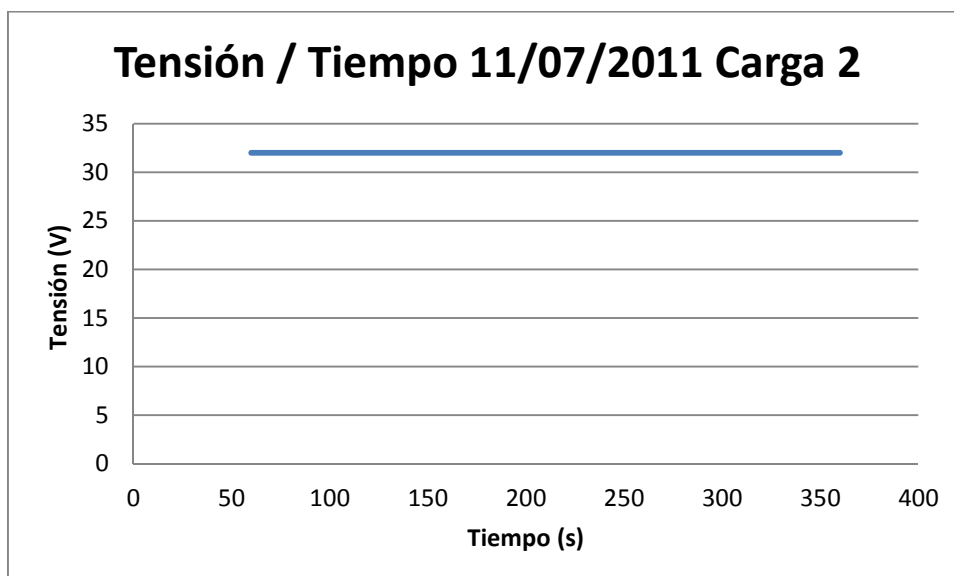




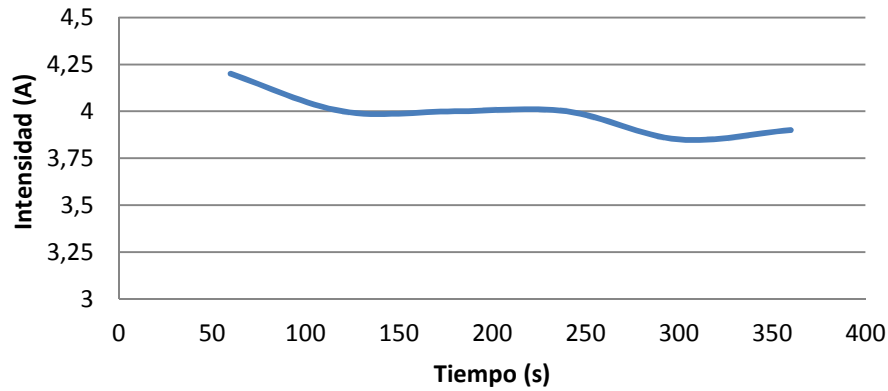
- Nivel de carga 2

T(s)	V(V)	I(A)	P(KW)	E (Wh)
60	32	4,2	0,1344	2,24
120	32	4	0,128	4,266666667
180	32	4	0,128	6,4
240	32	4	0,128	8,533333333
300	32	3,85	0,1232	10,26666667
360	32	3,9	0,1248	12,48

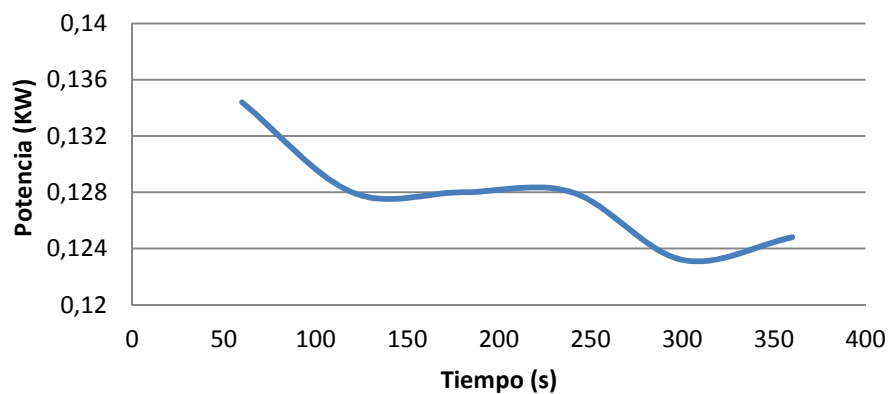
Las curvas obtenidas de los datos son las siguientes:



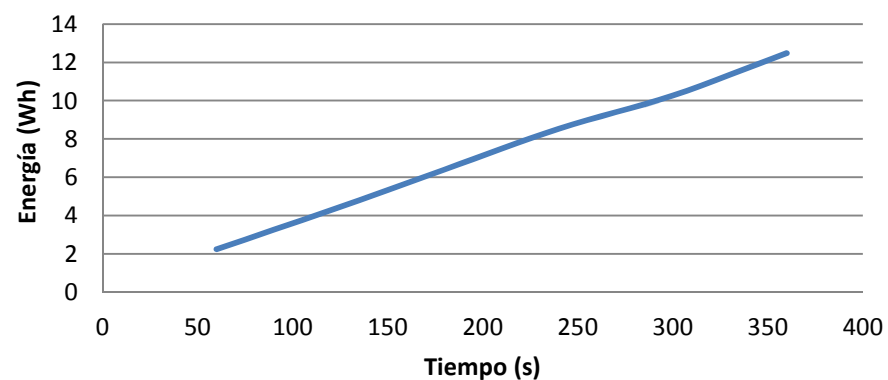
Intensidad / Tiempo 11/07/2011 Carga 2



Potencia / Tiempo 11/07/2011 Carga 2



Energía / Tiempo 11/07/2011 Carga 2



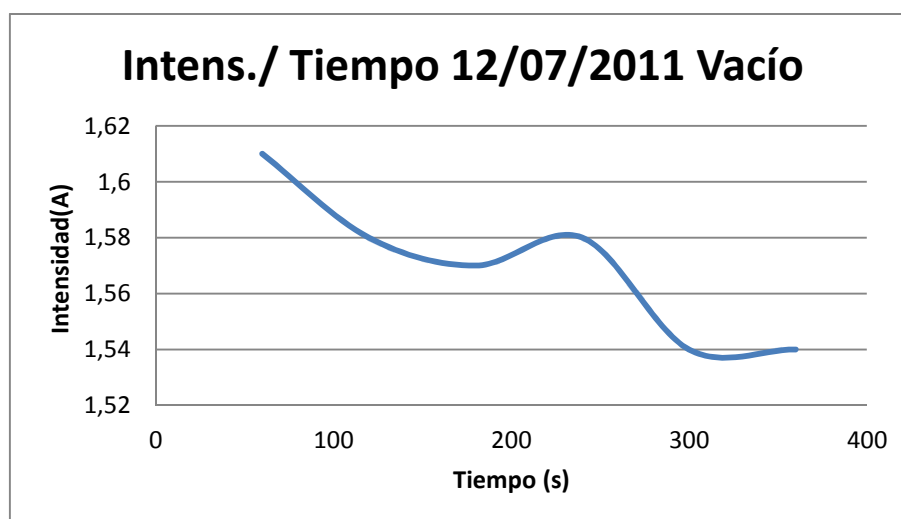
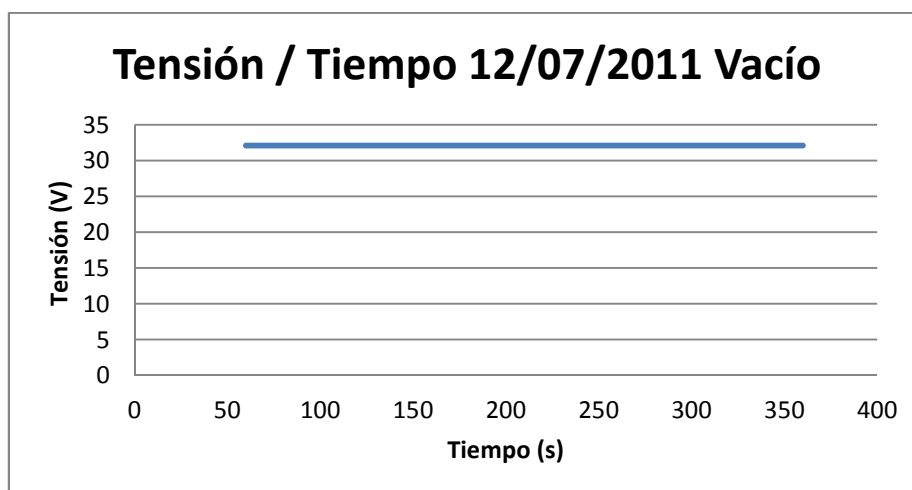
Datos recogidos el DÍA 2 (12 – 07 – 2011):

Básicamente, las pruebas realizadas los días 11 y 12, son las mismas, pero en las del último día se añade el dato de velocidad, que junto con los que ya se recogieron en la prueba anterior, serán de utilidad para determinar K_p .

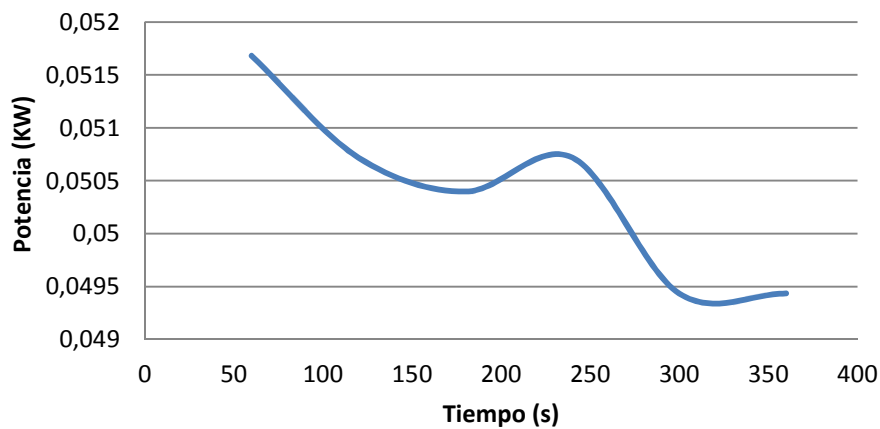
- En vacío ($n=24'6$ Km/h):

T(s)	V(V)	I(A)	P(KW)	E (Wh)
60	32,1	1,61	0,051681	0,86135
120	32,1	1,58	0,050718	1,6906
180	32,1	1,57	0,050397	2,51985
240	32,1	1,58	0,050718	3,3812
300	32,1	1,54	0,049434	4,1195
360	32,1	1,54	0,049434	4,9434

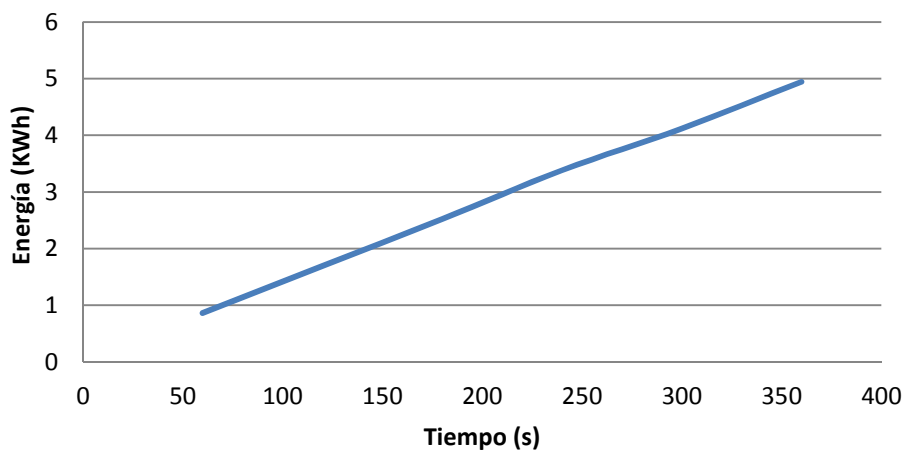
Las curvas obtenidas de los datos anteriores son las siguientes:



Potencia / Tiempo 12/07/2011 Vacío



Energía / Tiempo 12/07/2011 Vacío



Como ya se ha indicado anteriormente con el nuevo dato obtenido en esta segunda secuencia de pruebas con el motor en la bancada, ahora se podrá determinar la constante del motor K_e y K_p .

Para calcular K_e utilizaremos la siguiente expresión, de la que conocemos todos los datos excepto la constante en cuestión:

$$V = K_e n + IR$$

La resistencia interna, como ya se aclaró páginas anteriores es de 0'4 , la tensión y la intensidad se obtendrá de la media de los datos recogidos y por último la velocidad según el sensor fue de **24'6 Km/h**. Con lo cual la velocidad angular es de:

$$n = \frac{v(\frac{m}{s})}{\text{Perímetro}(m)} = \frac{24'6 \cdot 1000/3600}{2\pi R} = 5'44 \text{ rad/s}$$

Así pues:

$$K_e = \frac{V - I \cdot R}{n} = 5,78$$

Por último para calcular K_p utilizaremos la expresión del par, de la cual conocemos la intensidad y habrá que calcular el propio par:

$$T = K_p \cdot I$$

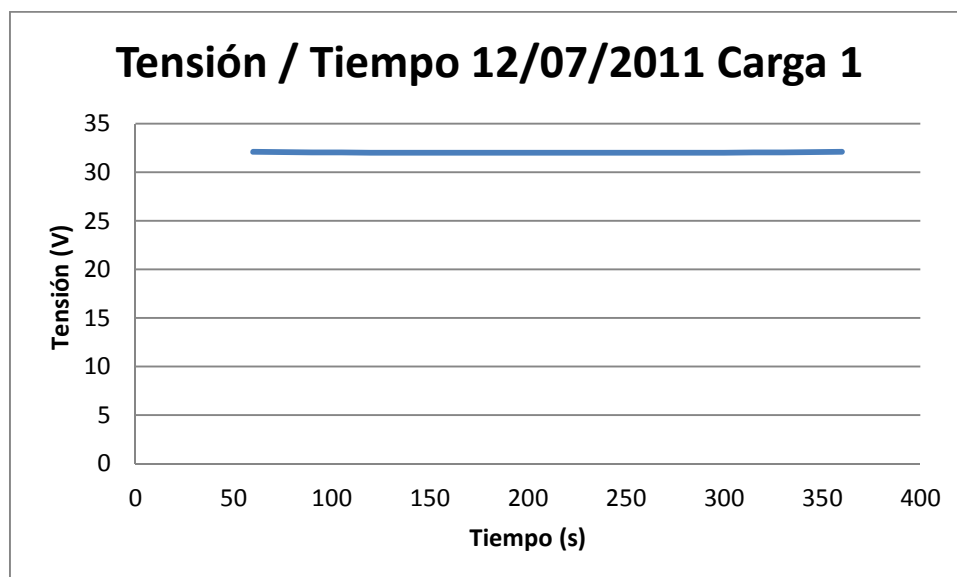
$$T = \frac{P}{\omega} = 9,25 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Con lo cual:

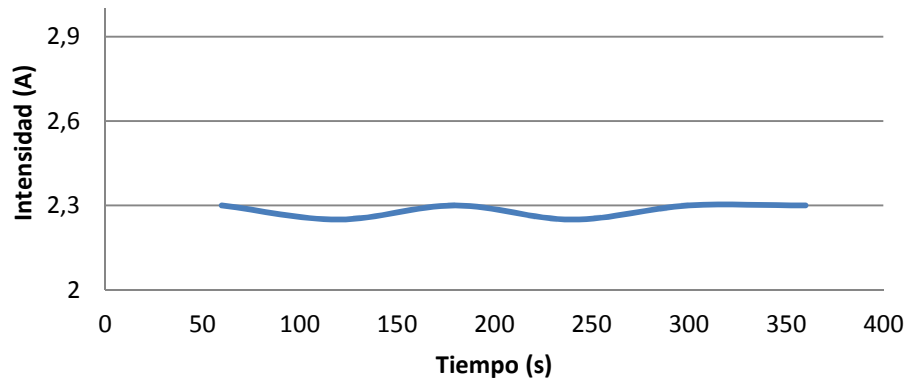
$$K_p = \frac{T}{I} = 5,89$$

- Nivel de carga 1 ($n=24,1 \text{ Km/h}$):

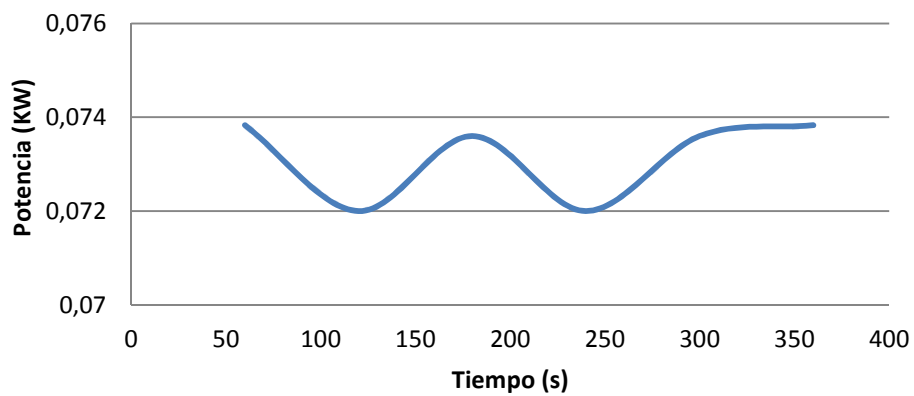
T(s)	V(V)	I(A)	P(KW)	E (Wh)
60	32,1	2,3	0,07383	1,2305
120	32	2,25	0,072	2,4
180	32	2,3	0,0736	3,68
240	32	2,25	0,072	4,8
300	32	2,3	0,0736	6,133333333
360	32,1	2,3	0,07383	7,383



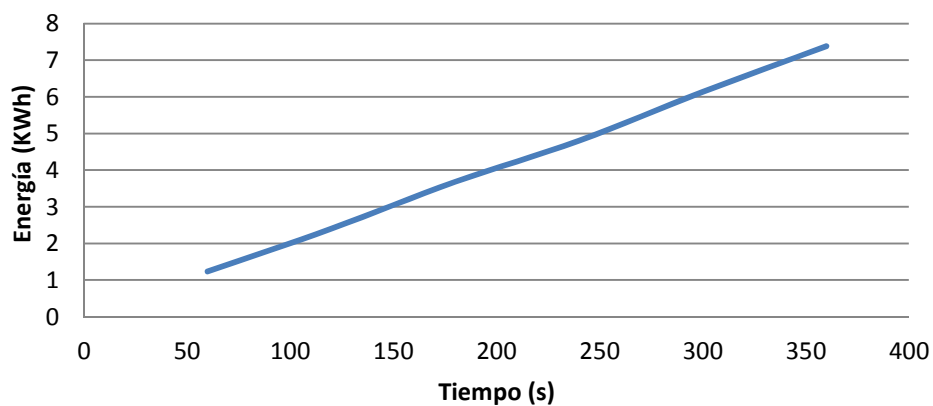
Intensidad / Tiempo 12/07/2011 Carga 1



Potencia / Tiempo 12/07/2011 Carga 1



Energía / Tiempo 12/07/2011 Carga 1



Para calcular K_e utilizaremos la siguiente expresión, de la que conocemos todos los datos excepto la constante en cuestión:

$$V = K_e n + IR$$

La resistencia interna, como ya se aclaró páginas anteriores es de $0'4$, la tensión y la intensidad se obtendrá de la media de los datos recogidos y por último la velocidad según el sensor fue de **24'1 Km/h**. Con lo cual la velocidad angular es de:

$$n = \frac{v(\frac{m}{s})}{\text{Perímetro}(m)} = \frac{24'1 \cdot 1000/3600}{2\pi R} = 5'33 \text{ rad/s}$$

Así pues:

$$K_e = \frac{V - I \cdot R}{n} = 5'84$$

Por último para calcular K_p utilizaremos la expresión del par, de la cual conocemos la intensidad y habrá que calcular el propio par:

$$T = K_p \cdot I$$

$$T = \frac{P}{\omega} = 13'72 \text{ N} \cdot \text{m}$$

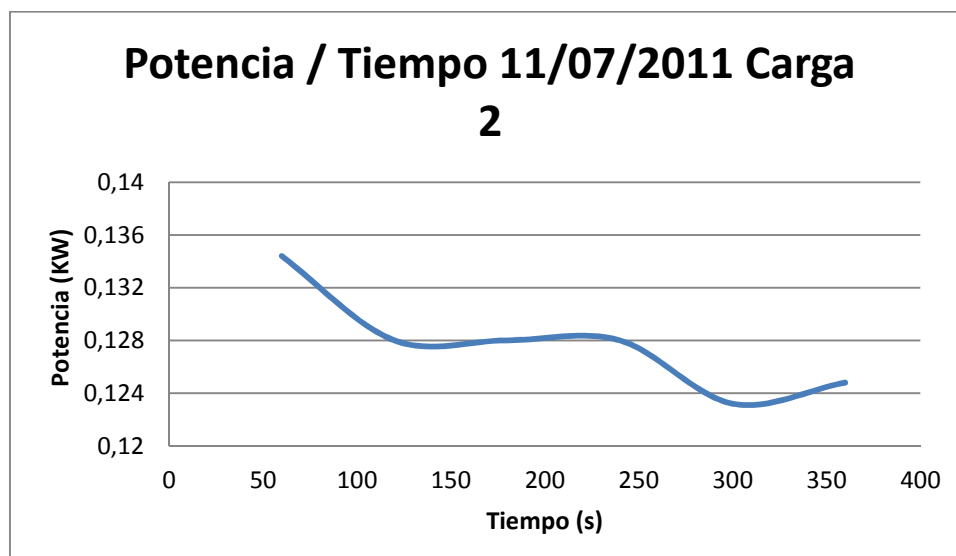
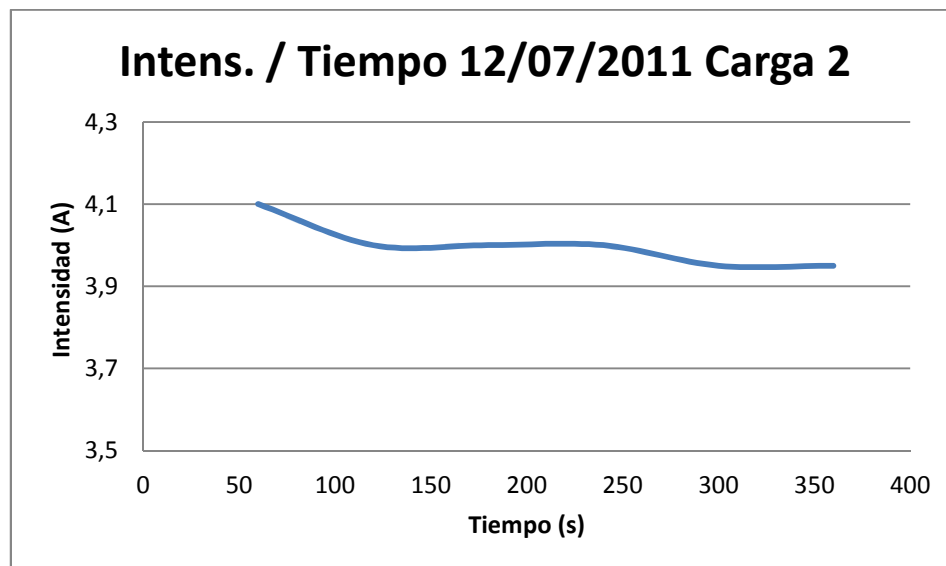
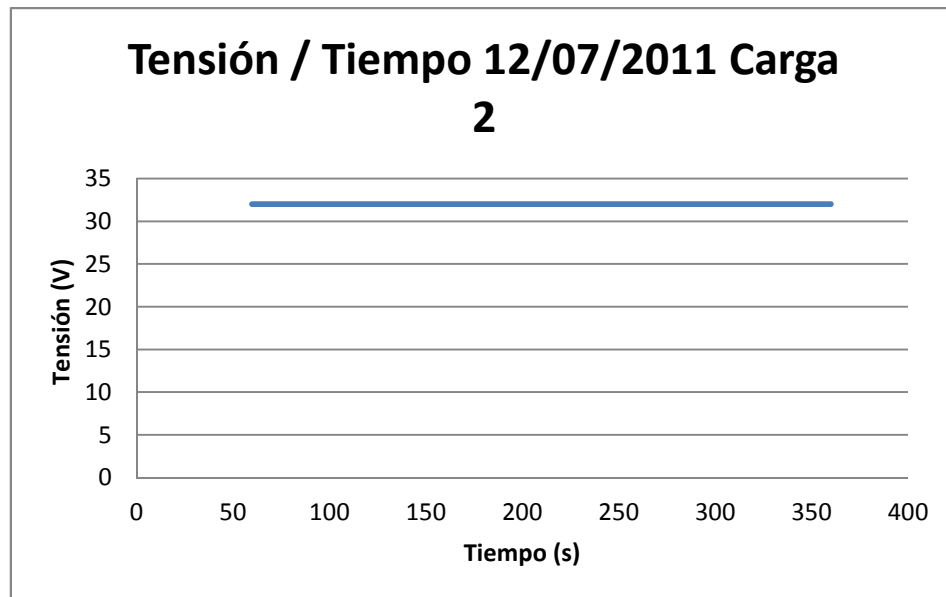
Con lo cual:

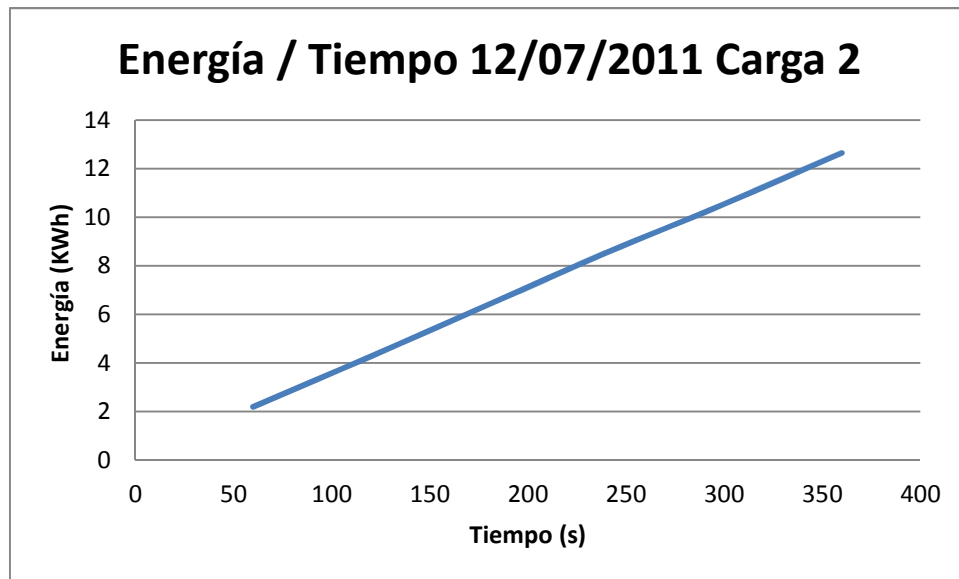
$$K_p = \frac{T}{I} = 6'01$$

- Nivel de carga 2 ($n=22'8$ Km/h):

T(s)	V(V)	I(A)	P(KW)	E (Wh)
60	32	4,1	0,1312	2,186666667
120	32	4	0,128	4,266666667
180	32	4	0,128	6,4
240	32	4	0,128	8,533333333
300	32	3,95	0,1264	10,53333333
360	32	3,95	0,1264	12,64

Estas son las curvas obtenidas:





Para calcular K_e utilizaremos la siguiente expresión, de la que conocemos todos los datos excepto la constante en cuestión:

$$V = K_e n + IR$$

La resistencia interna, como ya se aclaró páginas anteriores es de $0'4$, la tensión y la intensidad se obtendrá de la media de los datos recogidos y por último la velocidad según el sensor fue de **22'8 Km/h**. Con lo cual la velocidad angular es de:

$$n = \frac{v(\frac{m}{s})}{\text{Perímetro}(m)} = \frac{22.8 \cdot 1000/3600}{2\pi R} = 5'04 \text{ rad/s}$$

Así pues:

$$K_e = \frac{V - I \cdot R}{n} = 6.03$$

Por último para calcular K_p utilizaremos la expresión del par, de la cual conocemos la intensidad y habrá que calcular el propio par:

$$T = K_p \cdot I$$

$$T = \frac{P}{\omega} = 25.4 \text{ N} \cdot \text{m}$$

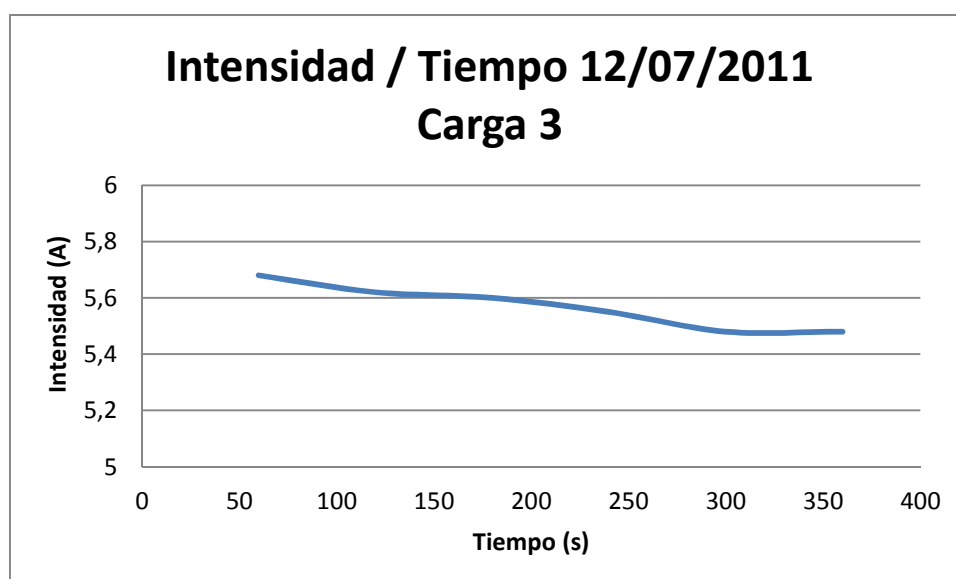
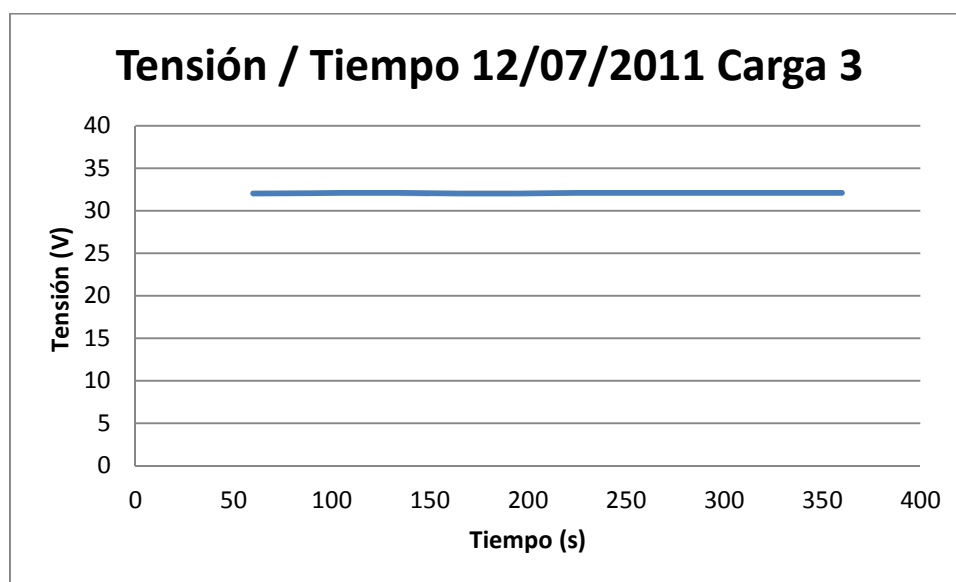
Con lo cual:

$$K_p = \frac{T}{I} = 6.74$$

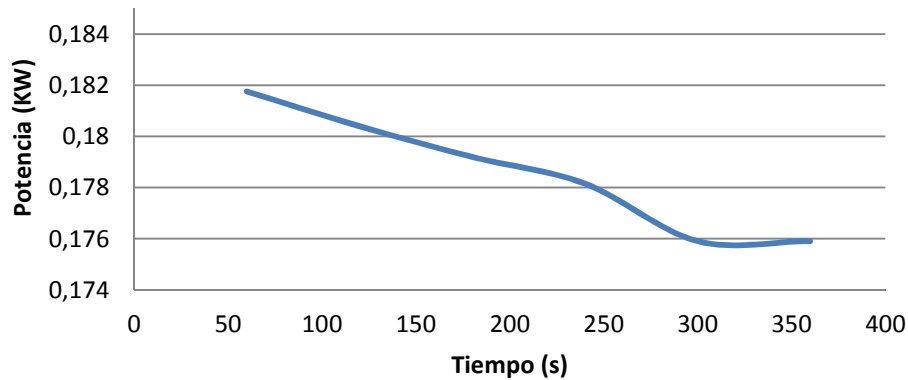
- Nivel de carga 3 ($n=21'8$ Km/h)

T(s)	V(V)	I(A)	P(KW)	E (Wh)
60	32	5,68	0,18176	3,029333333
120	32,1	5,62	0,180402	6,0134
180	32	5,6	0,1792	8,96
240	32,1	5,55	0,178155	11,877
300	32,1	5,48	0,175908	14,659
360	32,1	5,48	0,175908	17,5908

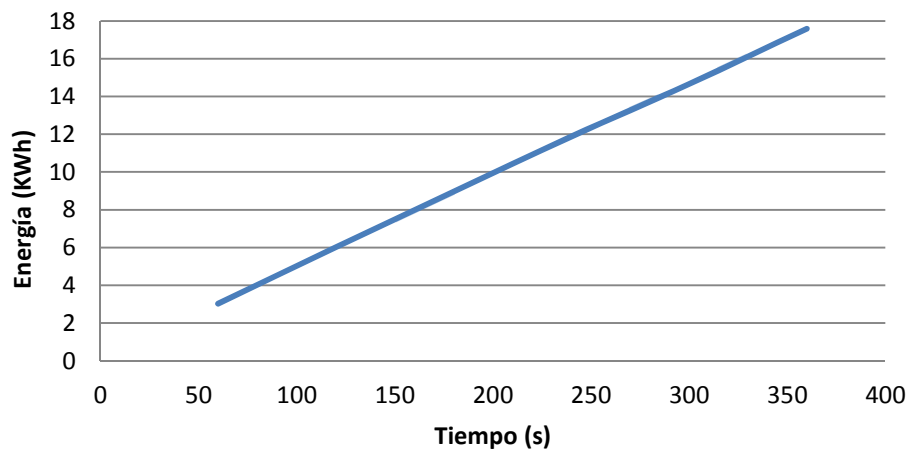
Las curvas obtenidas son las siguientes:



Potencia / Tiempo 12/07/2011 Carga 3



Energía / Tiempo 12/07/2011 Carga 3



Como ya se ha indicado anteriormente con el nuevo dato obtenido en esta segunda secuencia de pruebas con el motor en la bancada, ahora se podrá determinar la constante del motor K_e y K_p .

Para calcular K_e utilizaremos la siguiente expresión, de la que conocemos todos los datos excepto la constante en cuestión:

$$V = K_e n + IR$$

La resistencia interna, como ya se aclaró páginas anteriores es de $0'4$, la tensión y la intensidad se obtendrá de la media de los datos recogidos y por último la velocidad según el sensor fue de **21'8 Km/h**. Con lo cual la velocidad angular es de:

$$n = \frac{v(\frac{m}{s})}{\text{Perímetro}(m)} = \frac{21.8 \cdot 1000/3600}{2\pi R} = 5'44 \text{ rad/s}$$

Así pues:

$$K_e = \frac{V - I \cdot R}{n} = 6.2$$

Por último para calcular K_p utilizaremos la expresión del par, de la cual conocemos la intensidad y habrá que calcular el propio par:

$$T = K_p \cdot I$$

$$T = \frac{P}{\omega} = 36.93 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Con lo cual:

$$K_p = 6.66$$

Por último para determinar los valores de K_p y K_e , haremos la media de los obtenidos con los distintos niveles de carga.

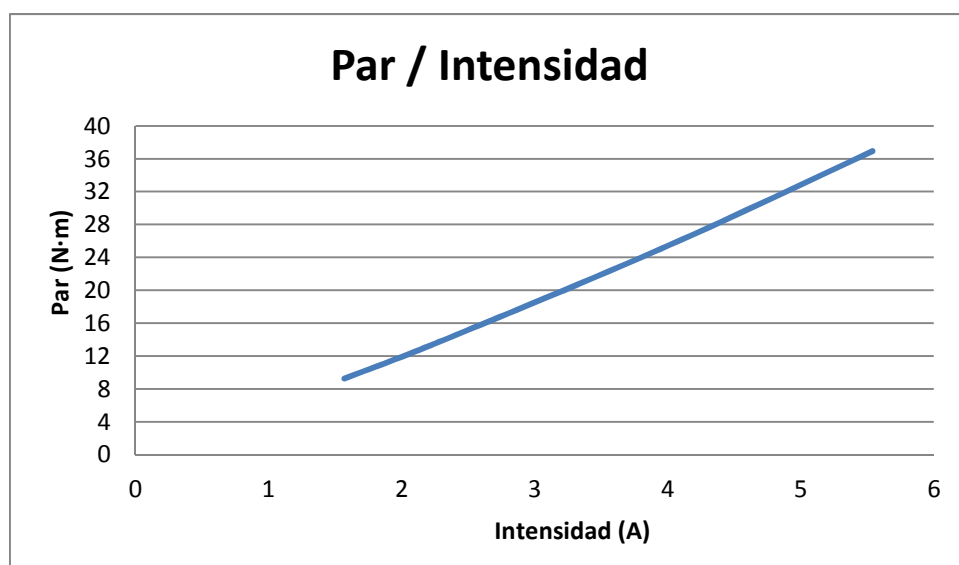
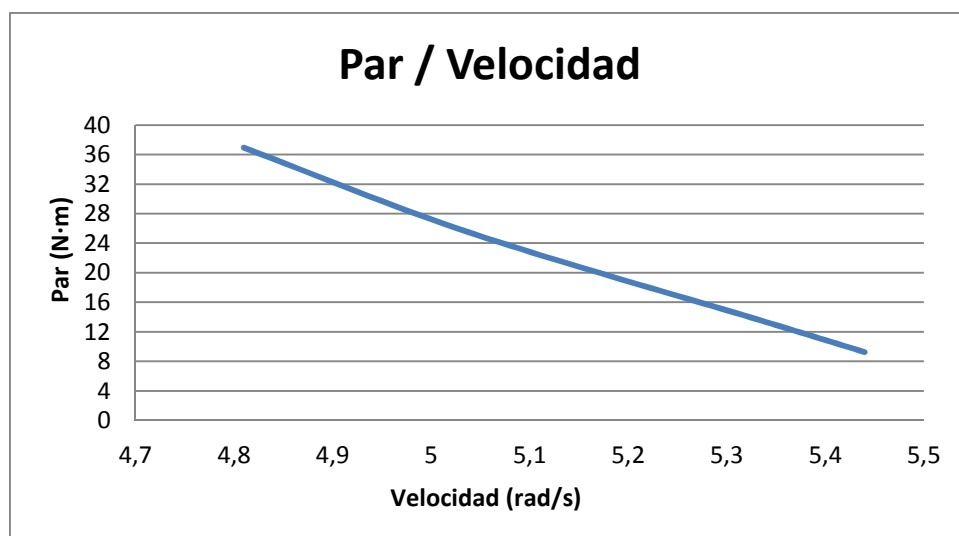
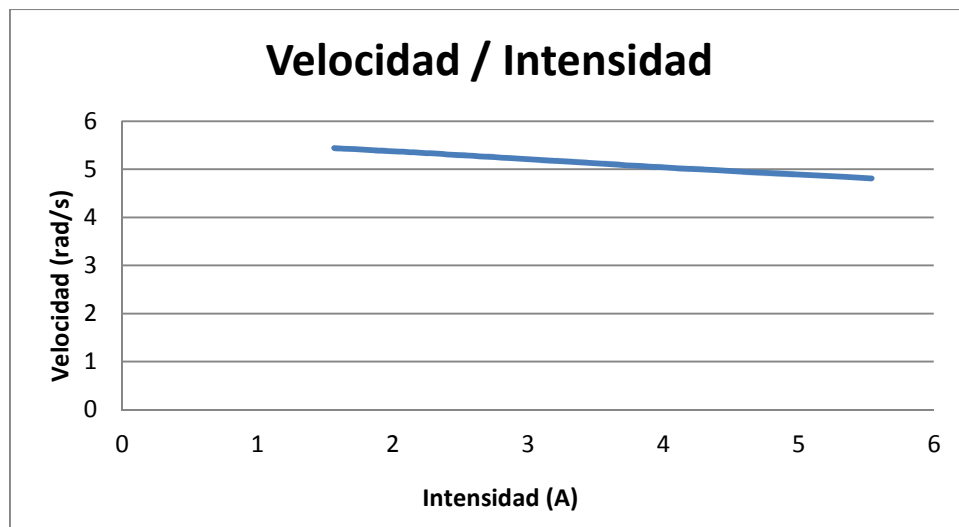
$$K_e = 5'96$$

$$K_p = 6'22$$

Podríamos también, destacar, que con los datos del último día de velocidad se puede realizar una nueva tabla, con la media de la intensidad y datos de par velocidad etc...

Nivel de carga	n (kmh)	I(A)	w (rad/s)	T(N·m)
vacío	24,6	1,57	5,44	9,25
carga 1	24,1	2,283	5,33	13,72
carga 2	22,8	4	5,04	25,4
carga 3	21,8	5,54	4,81	36,93

Así pues con esta nueva visión de los datos obtenidos, se extrajeron las siguientes curvas:



➤ COMPARACIÓN DEL CONJUNTO DE TRACCIÓN MOTOR A DIFERENTES NIVELES DE ALIMENTACIÓN:

Se realizó una prueba, con la cual se pueden comparar distintas curvas de funcionamiento a 36 y 48V de alimentación, ya que habrá que determinar tal dato de cara a la carrera y a futuros años.

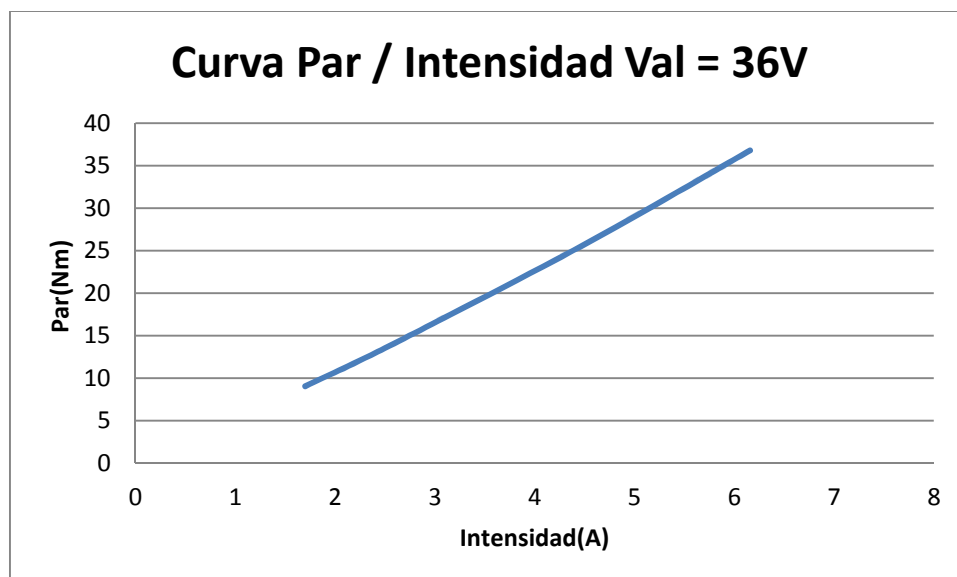
Tras la prueba realizada en Julio de 2011, se arroja en principio que con 36V, será suficiente para poder cumplir con los tiempos exigidos, aunque esto se explicará más adelante.

La prueba se llevó a cabo con el montaje del controlador y del motor.

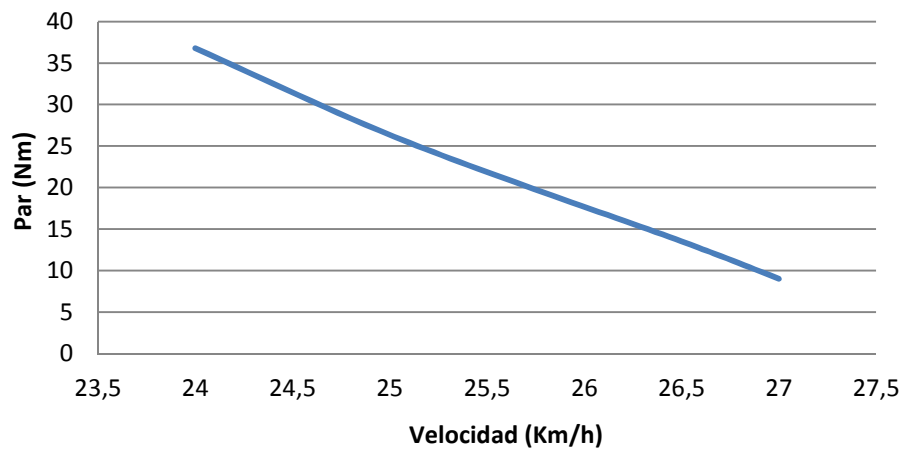
- Prueba a 36 V:

I	V (Km/h)	w (rad/s)	T (N·m)
1,7	27	5,4257367	9,02365941
2,5	26,5	5,32526009	13,5204664
4,45	25,1	5,04392559	25,4087808
6,16	24	4,82287706	36,7846822

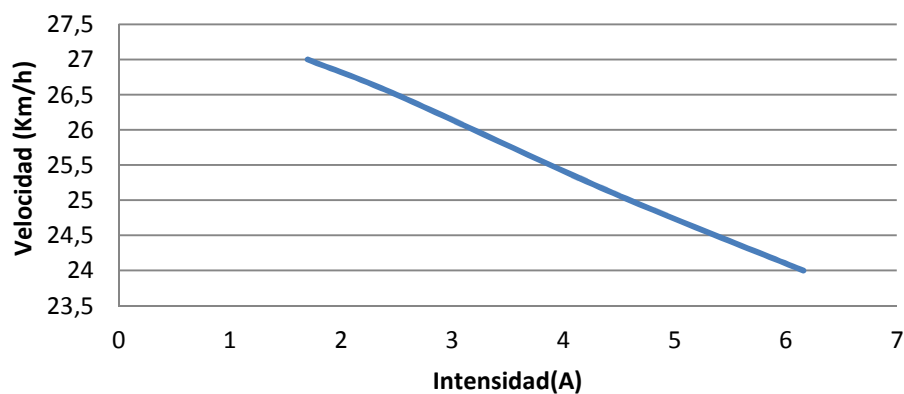
Con los datos recogidos, se obtuvieron las siguientes curvas:



Curva Par / Velocidad Val = 36V



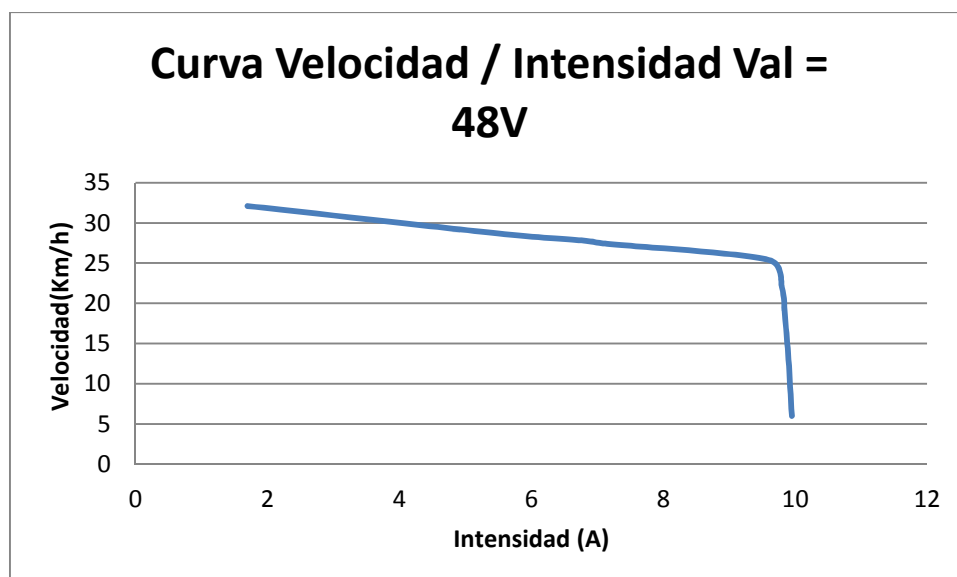
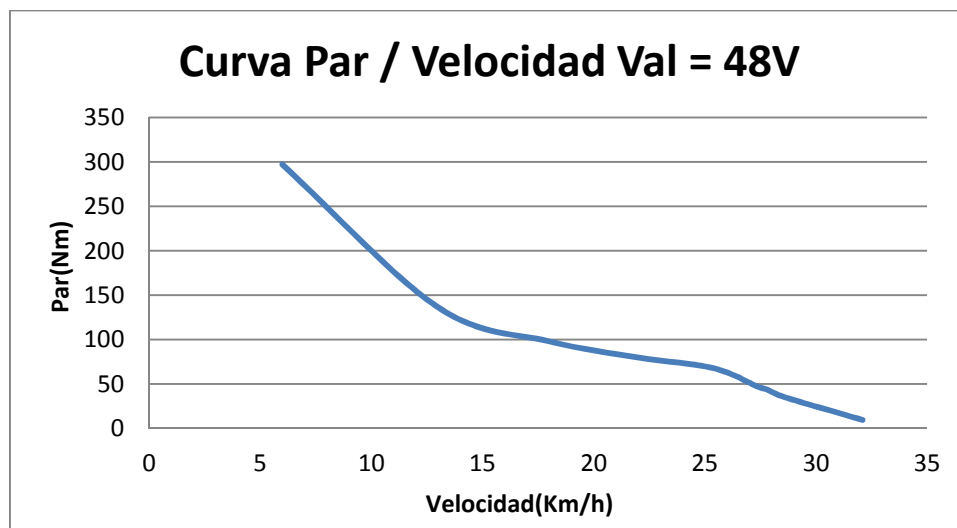
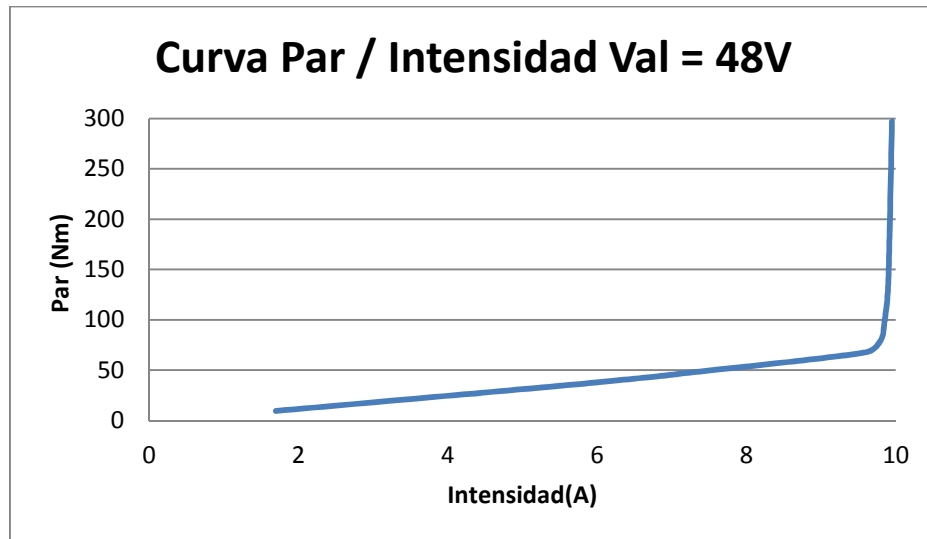
Curva Velocidad / Intensidad Val = 36V



- Prueba a 48V:

I	V (Km/h)	w (rad/s)	T (N·m)
1,7	32,1	6,45059807	9,48749237
5,6	28,6	5,74726183	35,0775736
6,8	27,8	5,58649926	43,8199288
7,15	27,4	5,50611798	46,7479994
9,6	25,4	5,10421156	67,7087923
9,8	22	4,42097064	79,80148
9,85	18	3,6171578	98,0327704
9,9	13	2,61239174	136,426706
9,95	6	1,20571927	297,084081

A continuación las curvas obtenidas de los datos anteriores.



6.1.3. Aparatos de medición Circutor MK – 30 – DC

El coche va equipado de dos contadores de energía, de la marca circutor, los cuales según la normativa de la carrera uno debe medir la energía producida y otro debe medir la energía consumida, con lo cual irá uno incorporado justo después de los paneles fotovoltaicos y otro justo antes del motor de 200W.

En este subapartado, se describirá un poco el manejo de este aparato y por otra parte se caracterizará el fallo de este aparato, comparando datos de este con datos reales, de tal manera que se determinará la función de los datos reales en función de los datos del contador de energía.



Este equipo dispone de una entrada para la medida de tensión hasta 800 Vdc y una entrada para la medida de la corriente de hasta 30^a directos. A través de estas dos señales el medidor calcula la potencia instantánea, e integrando este parámetro obtiene la energía.

En caso de pérdida de alimentación auxiliar el equipo guarda en memoria los valores de energía, así como los valores pico y valle de todas las magnitudes. Utiliza un sistema que no requiere baterías, por lo que está libre de todo tipo de mantenimiento.

➤ VISUALIZACIÓN DISPLAY:

Se puede observar, como en la parte superior del aparato disponemos de tres iniciales; V, A, kW y Energ, dependiendo donde se posicione la iluminación en el indicador el display mostrará tensión, intensidad, potencia o energía respectivamente.

Para navegar en el medidor de energía por las distintas variables medidas, habrá que presionar el botón señalado a continuación. El display informativo mencionado anteriormente, se irá desplazando conforme se pulse dicho botón.



En cuanto a la función de medición de energía, podemos decir que se divide en cuatro partes. Para avanzar de una parte a otra, de nuevo habrá que presionar el botón de las “dos **flechitas**”. A continuación se puede observar:



Podemos ver, a la izquierda un segundo punto indicativo, que avanza de abajo a arriba, el primero (abajo del todo) tiene una precisión de Wh, el segundo una precisión de kWh (en medio) y el último una precisión de MWh (arriba del todo). Con lo cual, si en nuestro display tuviéramos la información de la imagen, podríamos afirmar que, la energía almacenada en la memoria es de 48100293 Wh, ó 48100'293 kWh ó 48'100293 MWh.

➤ **PROGRAMACIÓN Y RESET:**

Pulsando simultáneamente las dos teclas de la imagen, se accederá al menú de programación.

La primera función (r.P-u) que aparece es la de reset, de los valores pico-valle, la cual se llevará a cabo si presionamos la tecla “S”.

Pulsando de nuevo el botón, con flechas, pasa la función de reset de valores de energía (r.EnG) almacenados en memoria, la cual también se llevará a cabo pulsando la tecla “S”.

Pulsando de nuevo el botón de las flechitas, nos introducimos en el submenú ICnF, en el cual pulsando la tecla “S” entraremos, y pulsando la tecla de las flechitas, saldremos del menú de programación.

Una vez dentro del submenú ICnF, la primera opción que aparece es PAGE, en la cual podremos seleccionar pulsando la tecla “S”, que variable queremos seleccionar para que sea la primera en aparecer cuando se encienda el medidor.

Si pulsamos de nuevo la tecla de las flechitas, podremos activar mediante el botón “S”, la opción de bajo consumo, la cual apaga el display tras 5 minutos en los que no se accione ninguna tecla.

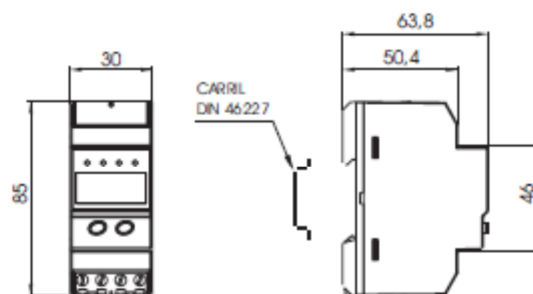
Pulsando de nuevo la tecla de las flechas, se pasa a la opción OUt 1, la cual podrá habilitar la salida de impulsos. El aparato pedirá la relación de impulsos, es decir, el número de wh que corresponde a un pulso. Se llevará a cabo en tres fases, wh, kWh y MWh, pulsando el botón “S”.

Pulsando el botón de las flechas, en esta ocasión nos lleva a la opción password de energía, la cual seleccionándola con el botón “S”, nos eliminará la opción de reset de los totalizadores de energía.

Pulsando como no, el botón de las flechitas, se entra en la última opción del submenú ICnF, la cual, sirve para activar una contraseña de 4 dígitos, para poder entrar al menú de programación.



➤ **DIMENSIONES:**



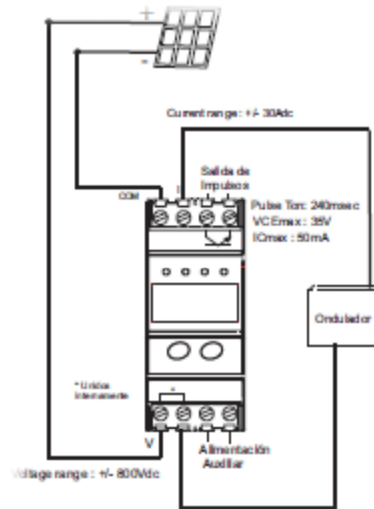
Dimensiones: 30x85x63'8

Peso: 170gr.

Material caja: ABS autoextinguible

Frontal IP54

➤ **DIAGRAMA DE CONEXIÓN:**



Se puede observar que el esquema de conexión del aparato, necesita, por llamarlo de una manera una alimentación y un elemento consumidor.

En nuestro caso, ya se comentó anteriormente que el aparato medirá energía consumida y energía producida, con lo cual, el primero de ellos, el más cercano a los paneles fotovoltaicos, tendrá como alimentación a estos, y como elemento consumidor (donde pone ondulator en la imagen), el regulador solar.

Por otra parte, el segundo que se instalará, tendrá como alimentación a las baterías pasando por el servomotor, es decir, las baterías se conectan con el servomotor y este al medidor, y como elemento consumidor tendrá al motor, es decir, el contador de energía se instalará entre el servomotor (controlador motor) y el motor propiamente dicho.

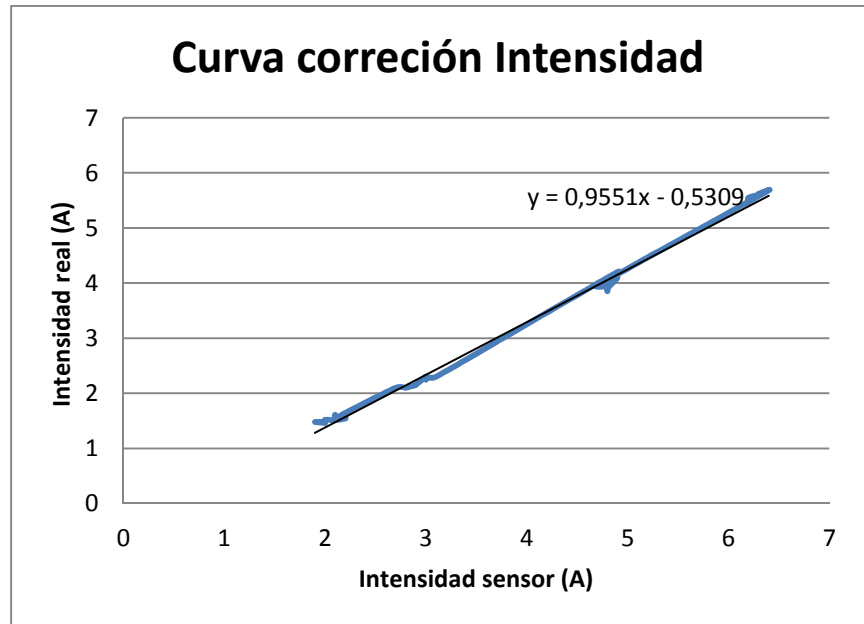
➤ **CORRECCIÓN DEL ERROR DEL SENSOR DE ENERGÍA CIRCUTOR:**

El contador de energía, como otro sensor cualquiera, tiene un error. Dicho error se tipificará, con los datos obtenidos, en la prueba realizada en dos días distintos, descrita anteriormente, ya que en esta se tomaron también datos del contador, con lo cual, teniendo los datos de la fuente de alimentación, que consideraremos como reales, ya que eran casi al 100% iguales a los de un polímetro.

Debido al error introducido tanto en la intensidad como en la tensión, este se extrapolará de mayor manera a la potencia, ya que esta es el producto de ambas, con lo que el error será mayor.

- Intensidad:

SENSOR	F.A.
I(A)	I(A)
2	1,46
1,9	1,48
2	1,48
2	1,52
2,1	1,52
2,1	1,61
2,1	1,58
2,2	1,57
2,2	1,58
2,2	1,54
2,1	1,54
2,7	2,1
2,8	2,1
2,9	2,15
2,9	2,15
2,9	2,15
2,9	2,15
3	2,3
3	2,25
3	2,3
3	2,25
3	2,3
3,1	2,3
4,9	4,2
4,8	4
4,8	4
4,8	4
4,8	3,85
4,8	3,9
4,9	4,1
4,8	4
4,8	4
4,8	4
4,8	3,95
4,7	3,95
6,4	5,68
6,3	5,62
6,3	5,6
6,2	5,55
6,2	5,48



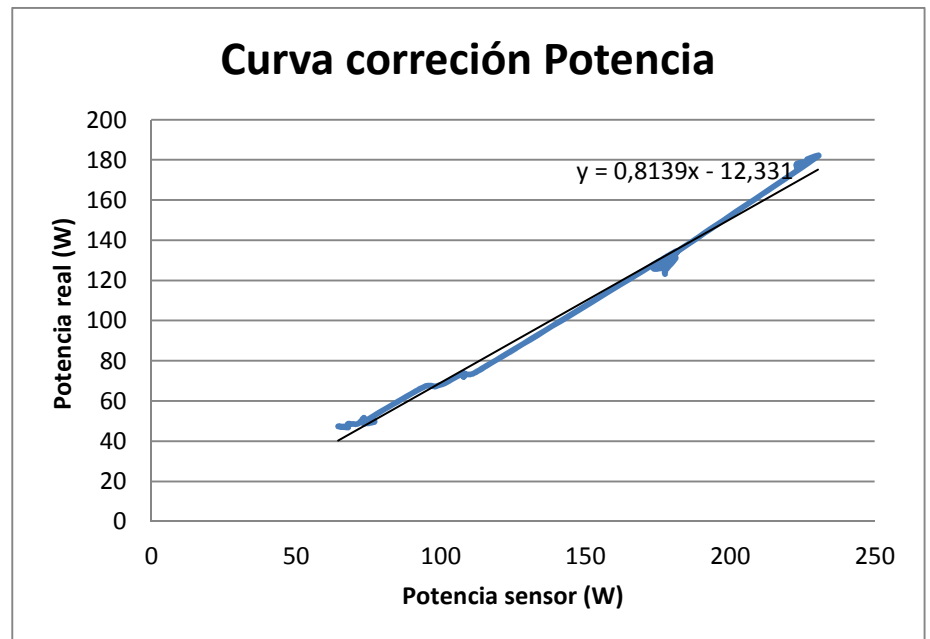
Representando gráficamente los datos de la izquierda, podemos afirmar que la intensidad real, es la intensidad dada por el sensor multiplicado por una constante y restándole un offset:

$$I_{real} = I_{sensor} \cdot K - A = I_{sensor} \cdot 0'9551 - 0'5309$$

Con lo cual podríamos afirmar que el offset es de 530'9 mA.

- Potencia:

SENSOR	FA
P(W)	P(W)
68	46,72
64,6	47,36
68	47,36
68	48,64
71,4	48,64
73,5	51,681
73,5	50,718
77	50,397
77	50,718
77	49,434
73,5	49,434
94,5	67,2
98	67,2
101,5	68,8
101,5	68,8
101,5	68,8
101,5	68,8
108	73,83
108	72
108	73,6
108	72
108	73,6
111,6	73,83
181,3	134,4
177,6	128
177,6	128
177,6	128
177,6	123,2
177,6	124,8
181,3	131,2
177,6	128
177,6	128
177,6	128
177,6	126,4
173,9	126,4
230,4	181,76
226,8	180,402
226,8	179,2
223,2	178,155
223,2	175,908



Representando gráficamente los datos de la izquierda, podemos afirmar que la intensidad real, es la intensidad dada por el sensor multiplicado por una constante y restándole un offset:

$$P_{real} = P_{sensor} \cdot K - A = P_{sensor} \cdot 0'8139 - 12\ 331$$

1. Con lo cual podríamos afirmar que el offset es de 12'331W

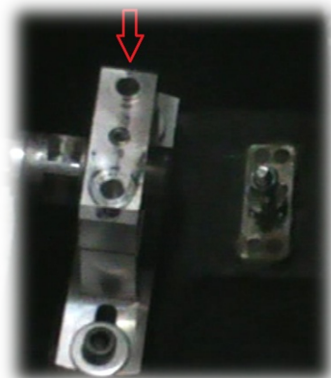
6.2. PROCEDIMIENTO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE LA RUEDA.

En este apartado se describirá como montar y desmontar la rueda trasera del coche, este año con respecto al anterior se han añadido novedades, con las cuales se ha conseguido una mayor rapidez a la hora del procedimiento mencionado.

6.2.1. Montaje:

En primer lugar habrá que encarar en el soporte la rueda cerciorándose de que la muesca que se muestra en la imagen quede hacia arriba y ajustar el freno de disco, es decir introducir el disco entre las ranuras de del propio freno.

El motor dispone de dos piezas que cubren y fijan el eje al coche, una a cada lado, habrá que encajar primero, la del lado de la imagen, ya que la muesca es el indicador de que la rueda está bien ubicada, con lo cual si la pieza de ese lado encaja bien en la muesca, querrá decir que está bien situada la rueda. Muy importante al poner esta pieza, saber que tanto en el soporte fijo como en la pieza móvil, hay una marca en forma de "0", la cual indica como habrá que colocarla, es decir, habrá que hacer coincidir los ceros tanto de una como de otra, para dejarlo en la posición adecuada. En la imagen de la izquierda, observamos cómo queda señalado con la flecha roja en que lateral se encuentra el "0".



Al atornillar, habrá que hacerlo paulatinamente los dos a la vez, teniendo especial cuidado al final, ya que quedará una pequeña holgura entre la pieza fija y la pieza móvil, y habrá que procurar que el hueco mencionado sea igual en todas sus caras.

Una vez atornillado la primera pieza, habrá que encarar la del lado contrario y atornillarla.

Por último, se acopla el freno de nuevo a la rueda echándolo hacia delante, para ponerlo en su posición. Para fijarlo, se introducirá y apretará el tornillo señalado de la primera imagen del siguiente apartado y se apretará del todo el que se encuentra justo debajo del primero, aproximadamente media vuelta

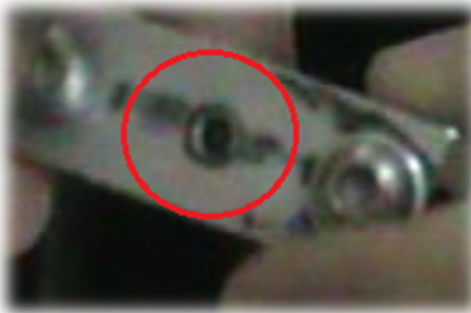


6.2.2. Desmontaje

Para proceder a desmontar la rueda trasera del coche Anibal, habrá en primer lugar, que quitar por completo el tornillo señalado en la imagen de la derecha. Una vez que este quede totalmente desatornillado, en el mismo plano que el primero se encuentra un segundo tornillo, que desatornillándolo aproximadamente media vuelta, permitirá al freno girar sobre el tornillo, de manera que se podrá vascular hacia delante para posteriormente extraer la rueda.



Una vez completado el paso anterior, indistintamente se podrá quitar, cualquiera de las piezas móviles que sujetan el eje al coche, o bien la del lado izquierdo o bien la del lado derecho. Es muy importante, saber que en al del lado derecho (mirando el coche desde la parte trasera hacia la parte delantera), no atornillar ni desatornillar, tanto en el montaje como el desmontaje el tornillo de la siguiente imagen, ya que este debe estar fijo.



Por último una vez quitada la pieza del lado derecho, recordando que es indiferente comenzar por un lado que por otro, extraer la del lado izquierdo. Una vez que ambas han sido quitadas del vehículo, se aparta suavemente hacia delante el freno y se podrá sacar sin ningún tipo de problema la rueda trasera del vehículo solar.

7-PRUEBAS PREVIAS

7. PRUEBAS EN PISTA.

Es interesante, de cara a corroborar en pista, lo experimentado en el laboratorio realizar una serie de ensayos antes de la carrera. Para poder realizar dichas pruebas, es necesario comprobar ciertas cosas del vehículo, o bien en el laboratorio o allí en el box antes de salir a pista.

Este año, se realizó la primera prueba el día 22 de Julio de 2011, dicho día, se llevó intentó verificar que ciertos cambios en el coche con respecto al año pasado eran factibles, como por ejemplo utilizar la rueda de 20', aunque esto se detallará más concienzudamente en apartados posteriores.

7.1. COMPROBACIONES PREVIAS.

Como ya se ha mencionado anteriormente, es interesante tener un “guión”, de qué hacer con el coche antes de ir a pista. Con respecto a nuestro vehículo solar Aníbal, el método que hemos empleado hasta ahora es el siguiente:

a. *Comprobación rueda trasera (función de mecánicos y eléctricos).*

- ✓ Sacar rueda. Definir procedimiento de extracción de rueda y calcular el tiempo que se tarda en esta acción.
- ✓ En banco de ensayo verificar la corriente de vacío a máxima velocidad posible.
- ✓ Montaje de la rueda. Definir procedimiento de montaje de la rueda calculando el tiempo que se tarda en esta acción.
- ✓ Verificar la rueda, el estado de la cámara, la presión de la rueda, que debe ser de 3 bares.
- ✓ Ajustar el freno de disco, en vacío y con la rueda sin apoyar en el suelo, habrá que comprobar la fricción del disco con el freno. Debe ser la corriente en vacío con el freno, lo más próxima posible a la de vacío sin el freno. Normalmente en torno a 1'7A en vacío sin el freno y 1'75A en vacío con el freno.
- ✓ Freno de rueda con el freno de disco y comprobar que la rueda queda bloqueada y que el controlador motor bloquea la corriente.

b. *Ajuste de dirección (función de los mecánicos).*

- ✓ Verificar que la dirección mueve la rueda sin rozamientos.
- ✓ Entrenamientos de cambio de rueda, sobre todo delantera ya que la responsabilidad del montaje y desmontaje de la rueda trasera también cae sobre los eléctricos.
- ✓ Verificar que la dirección gira correctamente, y comprobar que al girar el manillar a la derecha la dirección gira a la derecha y si el manillar gira a la izquierda la dirección gira a la izquierda.

c. *Montaje de estructura de paneles solares (función de mecánicos y eléctricos).*

- ✓ Definir el procedimiento de montaje de los paneles fotovoltaicos.
- ✓ Definir el procedimiento de desmontaje de los paneles fotovoltaicos.

d. *Carga de baterías (función del responsable de baterías, normalmente eléctrico aunque puede recaer indiferentemente en cualquier especialidad).*

- ✓ Cargar 3 paquetes de baterías de las que se estén usando en el momento de la prueba, con en principio 3 baterías por bloque como mínimo, aunque lo ideal sería tener 4 por bloque, por si alguna de estas fallara o se necesitara más tensión.
- ✓ Verificar que las distintas baterías están a un nivel de carga adecuado y que la carga se ha producido correctamente.
- ✓ Comprobar que están numerados los distintos juegos de baterías, y en caso de que no sea así, realizar una numeración de estas.

e. *Instalación eléctrica (función de los eléctricos).*

- ✓ Montaje del circuito controlador – baterías. Verificar el funcionamiento del motor con el puño, probar la señal de enable y comprobar el led de encendido del controlador.
- ✓ Montaje del circuito paneles – regulador – baterías. Comprobar que el regulador suministra carga a las baterías y que los paneles la suministran al regulador correctamente.
- ✓ Montaje de accesorios como bocina o señal de emergencia.
- ✓ Comprobar que las conexiones están bien realizadas y que no hay ningún cable demasiado suelto que pueda ser enrollado por la rueda.
- ✓ Establecer una lista de material y herramienta necesaria para el día de la prueba por si fuera necesaria.

f. *Instrumentación (función de los electrónicos).*

- ✓ Comprobación de que la CRIO captura datos de voltajes, intensidad etc...

g. *Comunicaciones (función de los electrónicos).*

- ✓ Comprobación de la comunicación GPRS.

h. Posicionamiento. (función de los electrónicos).

✓ Comprobación de que el GPS funciona.

7.2. PRUEBA DEL 22 DE JULIO DE 2011.

En este día se pretendía comprobar varias cosas que se habían estado llevando a cabo durante los últimos meses, tanto relacionadas con mi cometido como con el de otros compañeros de equipo. Estos temas eran los siguientes:

- Evaluar la rueda de tracción de 20".
- Evaluar el sistema de comunicación inalámbrica para datos
- Evaluar el nuevo sistema de posicionamiento absoluto GPS para georreferenciar los datos del vehículo.
- Evaluar el funcionamiento del nuevo controlador.
- Probar el cableado de potencia del coche.
- Captar datos de la CRIO.
- Adaptación de la nueva piloto al vehículo y al circuito.
- Poner a prueba el prototipo de madera del nuevo puño.

Las conclusiones de la prueba fueron todo un éxito, ya que la rueda dio el tiempo a 48V y a 36V quedó a unos segundos, con lo cual todavía está en fase de decisión a la tensión a la que se irá a carrera, aunque en principio a falta de otra prueba definitiva la tensión será 36V, ya que quitaríamos una batería al vehículo, con lo que quitaríamos peso, y al fin y al cabo la carrera es de eficiencia energética, con lo que cuanto más tiempo se esté en pista mayor captación, así pues no interesa tener una excesiva potencia siempre y cuando se dé el tiempo máximo según la reglamentación de la Murcia Solar Race.



Por otra parte la piloto tuvo una rápida adaptación y apenas tuvo tan sólo un pequeño percance, con lo que su primer contacto con todo fue más que positivo.



realizaron.

En cuanto a los datos captados por la CRIO, los más interesantes son los de tensión, ya que los de consigna de puño fueron erróneos, la intensidad tenía intervalos en los que no eran muy concluyentes, así pues a continuación se adjuntarán tan sólo las curvas de tensión en el tiempo de las dos pruebas que se

El nuevo sistema de potencia eléctrico funcionó correctamente toda la prueba con lo que el trabajo realizado en ese sentido fue también óptimo. También funcionó correctamente el controlador, reseñó ninguna anomalía.

El puño también funcionó a la perfección, dando así el visto bueno para realizar la pieza definitiva en aluminio.



La parte que tuvo más problemas fue la de comunicaciones y posicionamiento, debido al corto periodo de tiempo que se tuvo en fase de experimentación los distintos aparatos (tan sólo dos días).

Las imágenes anteriores fueron tomadas del día de la prueba.

A continuación en los siguientes apartados, se exponen los datos obtenidos, tanto tomados con polímetros y herramientas de medida en el box como las gráficas de tensión, que son los datos más positivos que tomó la CRIO.

Cabe destacar que en dicha prueba, el sistema que se probó fue el de controlador-baterías-motor, con lo que los paneles fotovoltaicos no estaban instaurados el día de esta prueba, así que con los datos de descarga de baterías habría que tener en cuenta que las batería llegarían con mayor niveles de tensión ya que se cargarían durante el trayecto del coche.

7.2.1. Datos obtenidos el día de la prueba.

La prueba se llevó a cabo en tres partes:

- Una vuelta a 48V.

En baterías:

- Tensión de salida: 53V.
- Tensión de llegada: 51V.

Energía consumida: 29 Wh.

Tiempo de la vuelta: 7 minutos y 54 segundos.

- Una vuelta a 36V.

En baterías:

- o Tensión de salida: 37'5V.
- o Tensión de llegada: 37'2V.

Energía consumida: 21Wh.

Tiempo: 8 minutos y 30 segundos.

- Una tanda de 4 vueltas a 36V.

Tensión de baterías:

- o Tensión a la salida 40V.
- o Tensión a la vuelta: 38'5V

Energía consumida: 67 Wh.

Tiempo total: 33 minutos y 20 segundos.

Tiempos parciales:

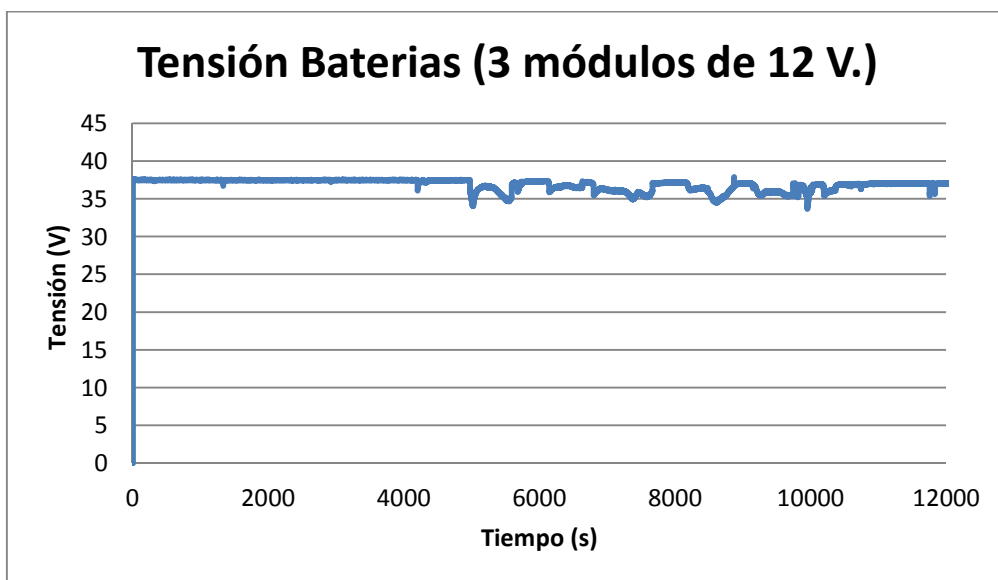
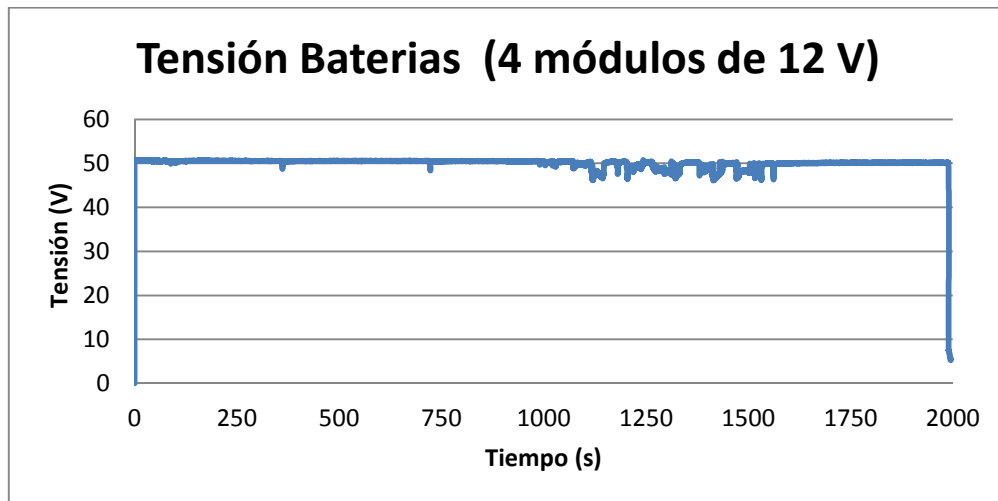
- o Vuelta 1: 8 minutos y 32 segundos.
- o Vuelta 2: 8 minutos y 24 segundos.
- o Vuelta 3: 8 minutos y 19 segundos.
- o Vuelta 4: 8 minutos y 5 segundos.

Se observa que paulatinamente el tiempo de las vueltas parciales va disminuyendo, con lo que la conclusión extraída es que la adaptación de la piloto fue excelente.

7.2.2. Curvas extraídas de los datos tomados de la CRIO.

Como ya se ha comentado anteriormente, se tomaron datos de consigna del controlador motor, tensión en el motor e intensidad en el motor. De estos datos los más satisfactorios son los de tensión en el motor, ya que la intensidad tiene intervalos con picos de centenas de amperios, algo lógicamente imposible. Por otra parte la consigna tiene valores de centenas y en otras ocasiones de decenas, con lo que no son concluyentes tampoco.

A continuación se muestran las curvas conseguidas con los datos tomados por la CRIO.







7.3. FORMULARIO DE VERIFICACIONES PREVIAS A CARRERA.







En las siguientes páginas se facilita un formulario en el cual se desarrollan una serie de verificaciones que se deben llevar a cabo antes de ir a pista bien en una prueba o bien en carrera.

*** Marcar la casilla en rojo cuando no se haya realizado la prueba pertinente y marcar la casilla verde cuando sí se haya realizado.*



7.3.1. Pruebas en la rueda trasera:

- | | | |
|---|---|---|
|  |  | Verificar la corriente en vacío en rueda trasera. |
|  |  | Verificar el freno de disco y comprobar que funciona correctamente. |







7.3.2. Pruebas en la rueda delantera:

- | | | |
|---|---|---|
|  |  | Verificar que las ruedas delanteras se mueven correctamente y sin rozamiento. |
|  |  | Verificar que la dirección gira en el sentido correcto, es decir cuando giramos el manillar a la izquierda las ruedas giran a la izquierda y cuando lo giramos a la derecha la rueda gira a la derecha. |
|  |  | Verificar que frenan correctamente. |













7.3.3. Pruebas con el regulador:

- | | | |
|---|---|---|
|  |  | Conectar los paneles (sin colocarlos en el coche, desde fuera), y verificar que carga baterías. |
|---|---|---|

















7.3.4. Pruebas de baterías:

- | | | |
|---|---|--|
|  |  | Comprobar que se dispone como mínimo de dos juegos de 3 baterías cargadas de litio cada uno. Los juegos deben estar numerados correctamente, y con distintas marcas. |
|  |  | Verificar los voltajes individuales de cada batería, los cuales deben ser como mínimo de entorno a 14V. |
|  |  | Conectar las baterías en el coche y verificar que proporcionan 12V, 24V, 36V y 48V en las regletas correspondientes. |

7.3.5. Tracción motor:

-   Verificar que la relación puño – motor funciona correctamente.
-   Girar el puño al máximo y comprobar la velocidad de giro de la rueda trasera bien con un velocímetro o bien con un osciloscopio y el sensor de velocidad inductivo.
-   Probar la señal de *enable* del controlador.
-   Comprobar que la seta de emergencia funciona correctamente.
-   Comprobar que la bocina funciona correctamente.
-   Supervisar el cableado y comprobar que no haya ningún cable suelto que pueda entorpecer a la piloto o que se pueda enredar con la rueda.

7.3.6. Recopilación de herramienta y material necesario para ir al circuito:

-   Polímetros.
-   Cable, regletas de empalme y conectores de baterías.
-   Belcro, bridas y piezas adhesivas con ranura para brida para sujetar los cables.
-   Alicates, destornilladores tanto de estrella como planos de diversos tamaños.
-   Llaves allen de diversos calibres, llave inglesa y llaves fijas de diversos calibres.
-   Tijeras.
-   Bomba de aire para las ruedas.
-   Regletas de conexión, regletas de conexión de tierra y números para denominar los cables.

8- ESTUDIO ENERGÉTICO

8. ESTUDIO ENERGÉTICO.

En este apartado se lleva a cabo un pequeño estudio energético en el cual se estima la posible producción (ya que esta puede variar por condiciones meteorológicas, que escapan de la mano del equipo) y también se estima el consumo, siendo la estimación de este más exacto ya que no depende tan radicalmente de condiciones meteorológicas.

Para la estimación de energía consumida, se estableció un modelo físico, con el cual se puede estimar la fuerza necesaria para mover el coche en función del rozamiento, peso y oposición del viento al movimiento de este, y así establecer el par necesario para que el vehículo se desplace. Con los datos que tenemos de la caracterización del motor, a partir del par podemos establecer la intensidad consumida y como consecuencia la energía.

Para poder determinar en qué condiciones se realiza el recorrido, con google earth, se consiguió un perfil del circuito con pendientes y distancias, con lo que se ha hecho una división en distintas partes del circuito, de manera que en función de la pendiente el coche consumirá más o menos energía.

8.1. ESTUDIO DEL CIRCUITO.

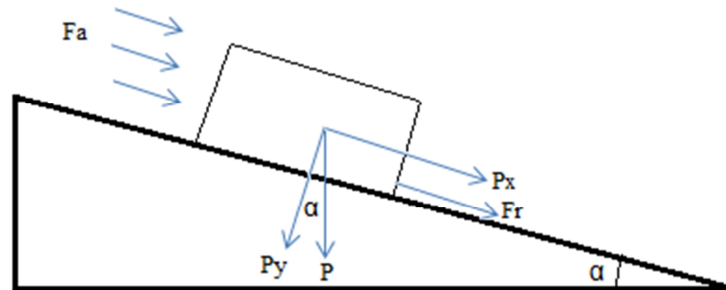
Se puede observar el perfil en la siguiente imagen:

Con la diferenciación de las distintas partes en las que se ha dividido el circuito, se puede estimar en cada parte la energía necesaria para recorrerla, con lo que se podrá hacer una estimación aproximada de energía que se necesita para dar una vuelta.



FASE	SITUACIÓN(m)	LONGITUD(m)	PENDIENTE (%)
1	84	84	0,7
2	266	182	-2
3	297	31	0,4
4	395	98	5,8
5	700	305	0
6	741	41	0,5
7	939	198	-2
8	1140	201	-0,5
9	1300	160	1
10	1530	230	2
11	1580	50	1,8
12	1670	90	-3
13	1750	80	0,2
14	1830	80	1
15	1850	20	-0,7
16	1970	120	-3
17	2000	30	1,3
18	2090	90	1,5
19	2120	30	6
20	2140	20	-1
21	2190	50	-3
22	2240	50	-2
23	2300	60	0
24	2380	80	6
25	2420	40	2,5
26	2490	70	0
27	2540	50	-5,2
28	2560	20	-4
29	2650	90	-2,2
30	2700	50	2,5
31	2820	120	4
32	2880	60	-2
33	2940	60	-3,2
34	3000	60	2,4
35	3060	60	5
36	3110	50	4
37	3140	30	1,8
38	3190	50	-3
39	3240	50	-4
40	3290	50	-2
41	3370	80	-2,5
42	3460	90	4

8.2. MODELO FÍSICO ESTABLECIDO.



En la imagen anterior se observa, el modelo elegido para la estimación del par necesario para que se pueda mover el vehículo. Dónde:

- F_r : fuerza de rozamiento que se opone al movimiento.
- F_a : oposición del aire como fluido al movimiento del vehículo.
- P_x : oposición del peso del vehículo al movimiento.

$$F_r = \mu P_y = \mu mg \cos \alpha$$

$$F_a = K v$$

$$P_x = mg \sin \alpha$$

$$\alpha = \tan^{-1}(\text{pendiente}/100)$$

En llano, el ángulo es de 90° , con lo cual desaparece la fuerza P_x , y F_r pasa a ser:

$$F_r = \mu P_y = \mu mg$$

Se supone un coeficiente de rozamiento de 0'2, una constante K de 0'05 y una masa del vehículo de 150Kg.

Con estos datos ya podemos en cada tramo en los que se ha dividido el circuito, establecer las fuerzas que actúan sobre el coche solar Aníbal.

La suposición empleada es la siguiente: en un primer tramo se establece una diferencia entre el par opositor y el par que favorece el movimiento considerable, para obtener una gran aceleración. A partir de ahí se ajusta el par obtenido para que se iguale lo máximo posible al opositor, de manera que la aceleración/deceleración que se produce es mínima.

Para la estimación del par se considera un radio de 0'22 m, que es el radio de la rueda.

Así pues, ahora ya podemos establecer el par que se opondrá al movimiento del vehículo en cada tramo.

FASE	ÁNGULO	T OPOSITOR
1	0,40126733	33,64128764
2	-1,14634399	-
3	0,22929814	33,15639784
4	3,32112002	41,81968825
5	0	32,50995
6	0,28662182	33,31806273
7	-1,14634399	-
8	-0,28662182	31,70102796
9	0,5732293	34,12530557
10	1,14634399	35,73749027
11	1,03173572	35,41526411
12	-1,71922958	-
13	0,11464953	32,83351561
14	0,5732293	34,12530557
15	-0,40126733	-
16	-1,71922958	-
17	0,74518095	34,6095386
18	0,85980813	34,93216813
19	3,43537195	42,13783643
20	-0,5732293	-
21	-1,71922958	-
22	-1,14634399	-
23	0	32,50995
24	3,43537195	42,13783643
25	1,43282256	36,54176209
26	0	32,50995
27	-2,97820929	-
28	-2,29177187	-
29	-1,26094309	-
30	1,43282256	36,54176209
31	2,29177187	38,94823075
32	-1,14634399	-
33	-1,83376915	-
34	1,37553212	36,38088462
35	2,86385708	40,54583992
36	2,29177187	38,94768075
37	1,03173572	35,41526411
38	-1,71922958	-

39	-2,29177187	-
40	-1,14634399	-
41	-1,43282256	-
42	2,29177187	38,94768075

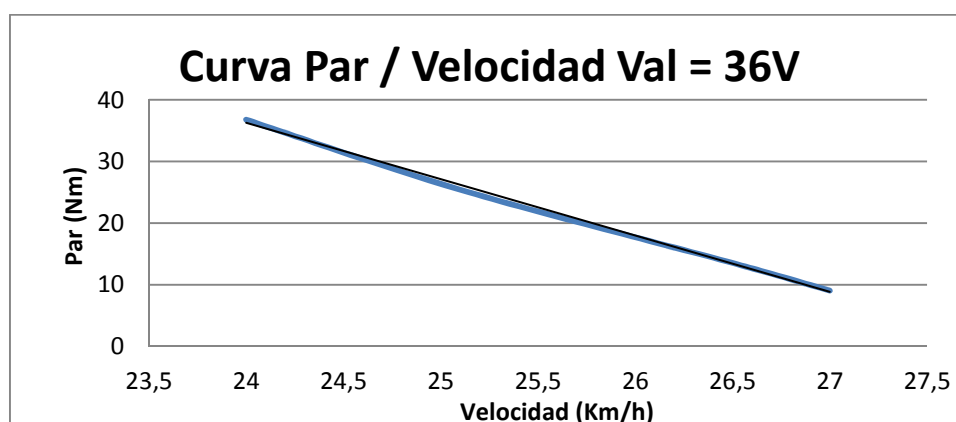
8.3. ESTIMACIÓN DEL PAR CONSEGUIDO.

Para estimar el par que obtenemos, en principio nos basta con los datos obtenidos en las pruebas de experimentación con el motor, ya que en dichas pruebas establecimos datos del par, velocidad e intensidad. Una vez introducidos los datos en una tabal excell y creando una curva, con dicho programa estimamos el par en función de la velocidad, y por tanteo establecemos la velocidad, hasta igualar el par obtenido y el par opositor calculado en el punto 8.2. Una vez establecido el par obtenido, con una ecuación que nos de intensidad en función del par, podremos establecer la potencia consumida, y puesto que conocemos la longitud de los tramos y la velocidad que hemos establecido, podemos con dichos datos calcular el tiempo necesario para recorrerlo, y como ya se ha dicho, se dispone de la potencia, con lo cual con potencia y tiempo, se puede estimar la energía consumida en cada tramo, posteriormente con sumar la energía y los tiempos obtenemos la energía total consumida en una vuelta y el tiempo que se ha tardado en darla.

Cabe destacar que cuando se trata de una pendiente la cual favorece el peso el movimiento del vehículo, es decir cuesta abajo, se ha supuesto una intensidad de 2A, ya que en vacío el consumo es de 1'7, por lo que se ajusta bastante a la realidad el consumo de 2 amperios en descensos, ya que se requiere el funcionamiento del motor para mantener una velocidad de unos 26Km/h.

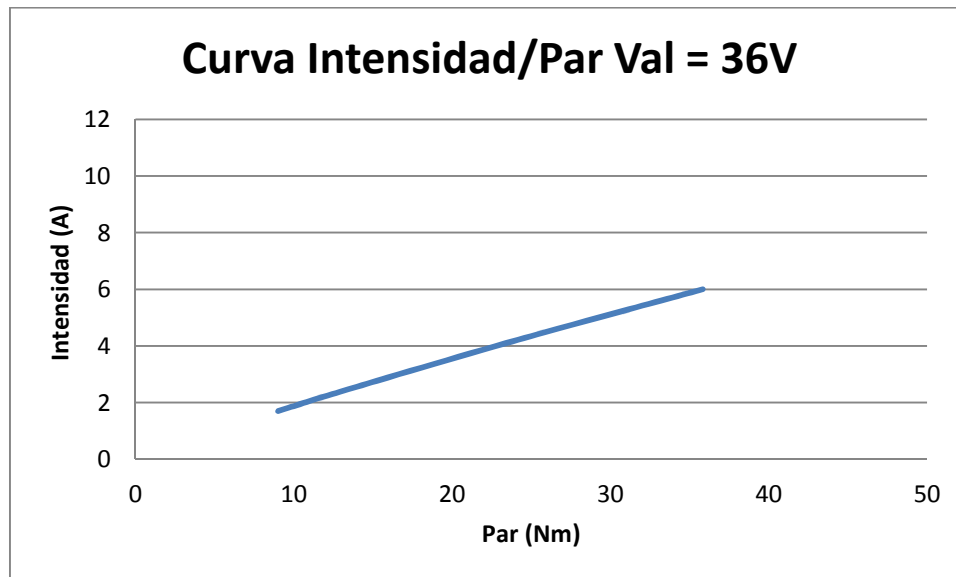
Datos de la prueba:

I	V (Km/h)	w (rad/s)	T (N·m)
1,7	27	5,4257367	9,02365941
2,5	26,5	5,32526009	13,5204664
4,45	25,1	5,04392559	25,4087808
6,16	24	4,82287706	36,7846822



De esta curva extraemos que:

$$T = -9'6979 \cdot v + 274,56$$



De la curva anterior podemos extraer la intensidad en función del par que nos servirá para estimar la energía utilizada.

$$I = 0'1602 \cdot T + 0.2934$$

Velocidad	FASE	T OBTENIDO	T RESULTANTE	TIEMPO (s)	I(A)	ENERGÍA (Wh)
24,8	1	34,05208	0,41079236	12,19354839	5,74854322	0,700951399
25,2	2	30,17292	0,90345559	26	2	0,52
24,8	3	34,05208	0,895682159	4,5	5,74854322	0,258684445
23,9	4	42,78019	0,960501745	14,76150628	7,14678644	1,054973329
24,9	5	33,08229	0,57234	44,09638554	5,59318286	2,466391477
24,8	6	34,05208	0,734017268	5,951612903	5,74854322	0,34213104
25,2	7	30,17292	0,90345559	28,28571429	2	0,565714286
25	8	32,1125	0,411472042	28,944	2	0,57888
24,7	9	35,02187	0,89656443	23,31983806	5,90390357	1,376780752
24,6	10	35,99166	0,254169726	33,65853659	6,05926393	2,039459567
24,6	11	35,99166	0,576395891	7,317073171	6,05926393	0,443360776
25,4	12	28,23334	0,587479988	12,75590551	2	0,25511811
24,9	13	33,08229	0,248774393	11,56626506	5,59318286	0,646922355
24,7	14	35,02187	0,89656443	11,65991903	5,90390357	0,688390376
25	15	32,1125	0,735473859	2,88	2	0,0576
25,4	16	28,23334	0,587479988	17,00787402	2	0,34015748
24,7	17	35,02187	0,412331404	4,372469636	5,90390357	0,258146391
24,7	18	35,02187	0,089701866	13,11740891	5,90390357	0,774439173
23,9	19	42,78019	0,642353567	4,518828452	7,14678644	0,322951019

25,1	20	31,14271	0,251352627	2,868525896	2	0,057370518
25,4	21	28,23334	0,587479988	7,086614173	2	0,141732283
25,2	22	30,17292	0,90345559	7,142857143	2	0,142857143
24,9	23	33,08229	0,57234	8,674698795	5,59318286	0,485191766
23,9	24	42,78019	0,642353567	12,05020921	7,14678644	0,861202717
24,5	25	36,96145	0,419687914	5,87755102	6,21462429	0,365267713
24,9	26	33,08229	0,57234	10,12048193	5,59318286	0,56605706
25,8	27	24,35418	0,286012476	6,976744186	2	0,139534884
25,6	28	26,29376	0,273275473	2,8125	2	0,05625
25,3	29	29,20313	0,25789123	12,80632411	2	0,256126482
24,5	30	36,96145	0,419687914	7,346938776	6,21462429	0,456584642
24,3	31	38,90103	-0,047200746	17,77777778	6,52534501	1,160061334
25,2	32	30,17292	0,90345559	8,571428571	2	0,171428571
25,4	33	28,23334	0,912649106	8,503937008	2	0,17007874
24,5	34	36,96145	0,580565384	8,816326531	6,21462429	0,54790157
24,1	35	40,84061	0,294770079	8,962655602	6,83606572	0,612693027
24,2	36	39,87082	0,923139254	7,438016529	6,68070536	0,496911969
24,6	37	35,99166	0,576395891	4,390243902	6,05926393	0,266016465
25,4	38	28,23334	0,587479988	7,086614173	2	0,141732283
25,6	39	26,29376	0,273275473	7,03125	2	0,140625
25,2	40	30,17292	0,90345559	7,142857143	2	0,142857143
25,3	41	29,20313	0,745215732	11,38339921	2	0,227667984
24,2	42	39,87082	0,923139254	13,38842975	6,68070536	0,894441545

Datos estimados:

- Tiempo total: 8 minutos y 20 segundos.
- Energía consumida total: 22 Wh.

Datos recogidos en pista a una vuelta:

- Tiempo total: 8 minutos 30 segundos.
- Energía consumida total: 21 Wh.

Así pues podemos afirmar que la estimación energética es bastante cercana a la realidad.

Por otra parte en la prueba realizada con baterías de litio descargándose, junto con paneles y regulador, **a los 8 minutos se habían producido 24 Wh**, teniendo en cuenta que el consumo de baterías en la prueba se hizo en vacío con una intensidad de 1'7 amperios, y que en pista el consumo será mayor, en teoría la producción de las placas debe aumentar, con lo que la diferencia entre producción y consumo será aún mayor, así que se asegura calificar en carrera, ya que para ello el requisito mínimo es tener un balance energético positivo.

9- CONCLUSIONES

9. CONCLUSIONES.

Tras semanas de trabajo, viajes al circuito, horas en el laboratorio y pruebas y ensayos, hemos conseguido la mayoría de objetivos propuestos al principio.

En cuanto a las baterías, hemos conseguido implantar un sistema de baterías de litio, lo cual tenía cierta dificultad porque el regulador a utilizar, tan sólo funcionaba con baterías de plomo-ácido. Se consiguió un modelo de baterías de LiFePO_4 , que han funcionado a la perfección con el regulador. También se ha comprobado su comportamiento durante un periodo de dos horas sin parar funcionando, con carga y siendo cargadas, manteniéndose la temperatura estable, y sin producir ningún funcionamiento anómalo. Por supuesto se comprobó su comportamiento de recarga y descarga, y efectivamente tal y como se pensaba son más eficientes que las de plomo-ácido, con lo que se podría concluir que en cuanto a baterías el avance ha sido considerable, confirmando lo que se esperaba de ellas y dejando un legado de curvas de funcionamiento, de recarga y descarga, para en el futuro poder comprobar si funcionan correctamente o por el paso del tiempo y del desgaste han bajado la eficiencia o ya no son útiles.

Por otra parte, en cuanto al regulador, el éxito obtenido va ligado a las baterías ya que se ha conseguido que funcionen con unas baterías más eficientes y de menor peso como son las de LiFePO_4 . Avanzando hacia el funcionamiento en sí del regulador, se ha establecido una comparativa entre el funcionamiento de este mientras las baterías están solicitadas y mientras no lo están, comprobando que los datos obtenidos son óptimos ya que se deja notar la mayor aportación de energía a las baterías cuando estas están siendo puestas en carga, de manera que el regulador cumple su función a la perfección. Se pretende en el futuro conseguir que su peso sea menor, y esto se intentará quitándole parte de la carcasa metálica.

En cuanto a los paneles, también ligado al regulador, se ha comprobado que son capaces de suministrar la energía necesaria en cada momento, dejando claro que en principio, sino se consigue bajar el peso de estos con algún otro modelo de igual funcionamiento o con fabricación propia, son idóneos en principio para las necesidades. En los ensayos realizados se deja entrever la diferencia horaria en la captación de energía.

Tratando sobre la tracción motor, podemos decir que ha sido la parte que más ha evolucionado, ya que las anteriores descritas, tan sólo las baterías han sufrido una variación, y el resto de trabajo ha sido de caracterización y ensayos para comprobar el correcto funcionamiento de los componentes y tener referencias acerca de estos. En cuanto a la tracción motor se han introducido nuevos elementos vitales para esta parte, como es el controlador y el puño. Se ha conseguido el objetivo de establecer el nuevo puño, que no es más que un potenciómetro con retroceso por resorte enganchado al manillar. El nuevo controlador, ha sido probado ya en pista y en laboratorio y su comportamiento ha sido excelente. Se realizaron diversas pruebas para ajustarlo. Se podría decir que los cambios introducidos en esta parte han sido

todo un éxito, ya que el regulador ha funcionado mucho mejor que el anterior servomotor y tras probar el prototipo de madera del puño acelerador, se llegó a la conclusión de que había que fabricar el metálico ya que era la mejor solución.







Las pruebas previas en pista, tuvieron como principales objetivos corroborar lo experimentado en el laboratorio, y así fue. Dichas pruebas fueron un éxito rotundo ya que las partes más básicas del sistema se comportaron a la perfección.

Finalizando en cuanto al balance energético, se pretendía realizar un estudio del consumo del vehículo en función de los distintos tramos del circuito y de su producción para verificar si el balance energético tenía signo positivo para poder calificar a la postre el día de la carrera. Por otra parte tener un modelo con el cual poder estimar la energía que se consumirá en una o varias vueltas y el tiempo que llevará realizarlas. Cabe destacar que el modelo establecido y las estimaciones realizadas, fueron idóneas, ya que el día de la prueba en pista, se corroboraron los datos presagiados por la estimación.

Y por último, cabe destacar la realización de unos planos eléctricos, que dan nociones del cableado existente, de manera que cualquier persona sin saber cómo está realizado dicho cableado pueda llevarlo a cabo.

En líneas generales se puede decir que se ha llevado a cabo una experiencia positiva ya que se han cumplido gran cantidad de objetivos, se ha logrado dar otra dimensión al coche en cuanto a eficiencia y se ha establecido una serie de protocolos en cuanto a montajes, desmontajes, cableados que pondrán un poco de orden en torno al vehículo de cara a años venideros.

BIBLIOGRAFÍA

-  www.wikipedia.es
-  www.abc.es
-  www.consumer.es
-  www.publispain.com
-  www.murciasolarrace.com
-  www.circuitocartagena.com
-  www.laverdad.es
-  manuales
-  libro MÁQUINAS ELÉCTRICAS de Jesús Frailes Mora
-  www.wikibooks.org
-  www.bereco.es

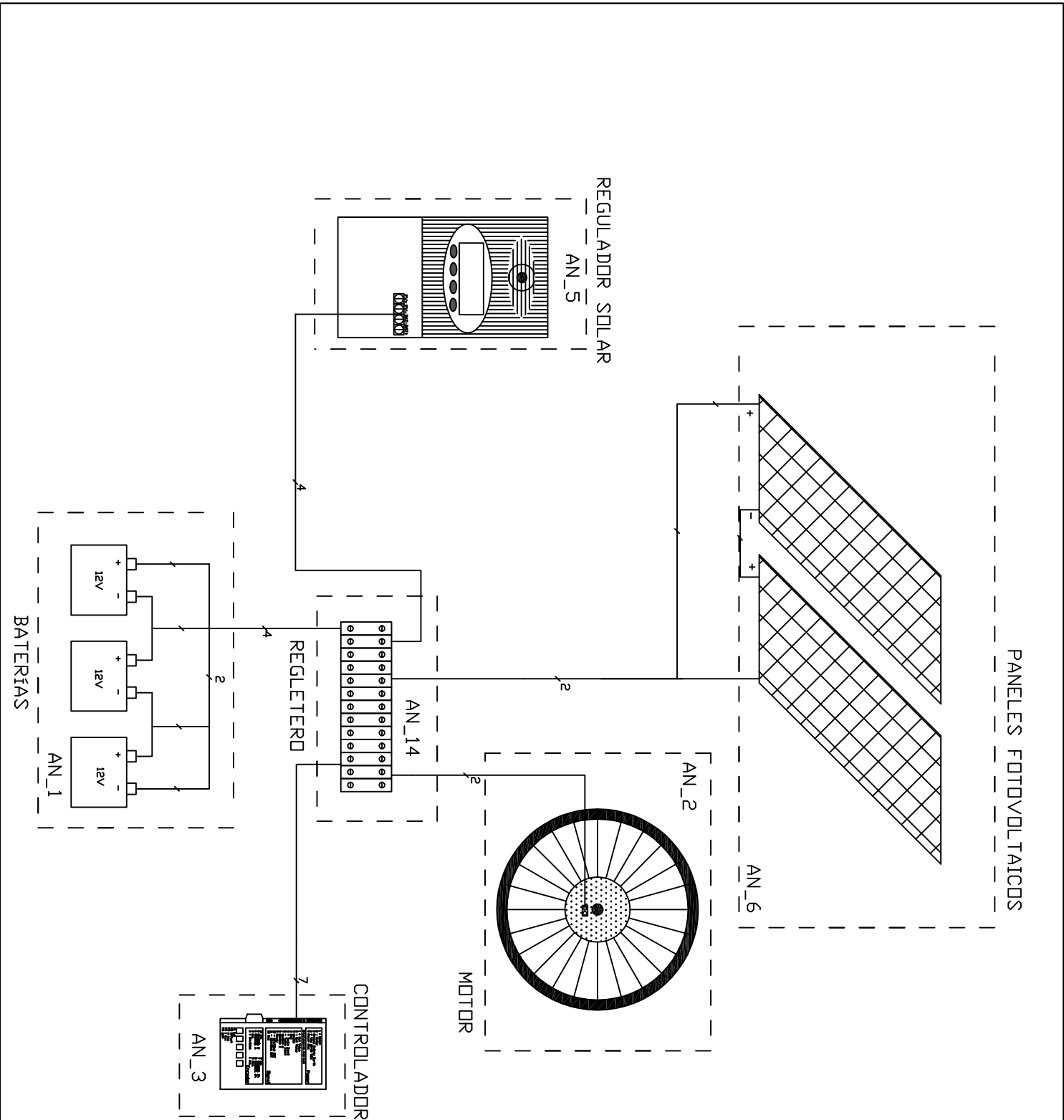
ANEXO I



PLANOS ELÉCTRICOS

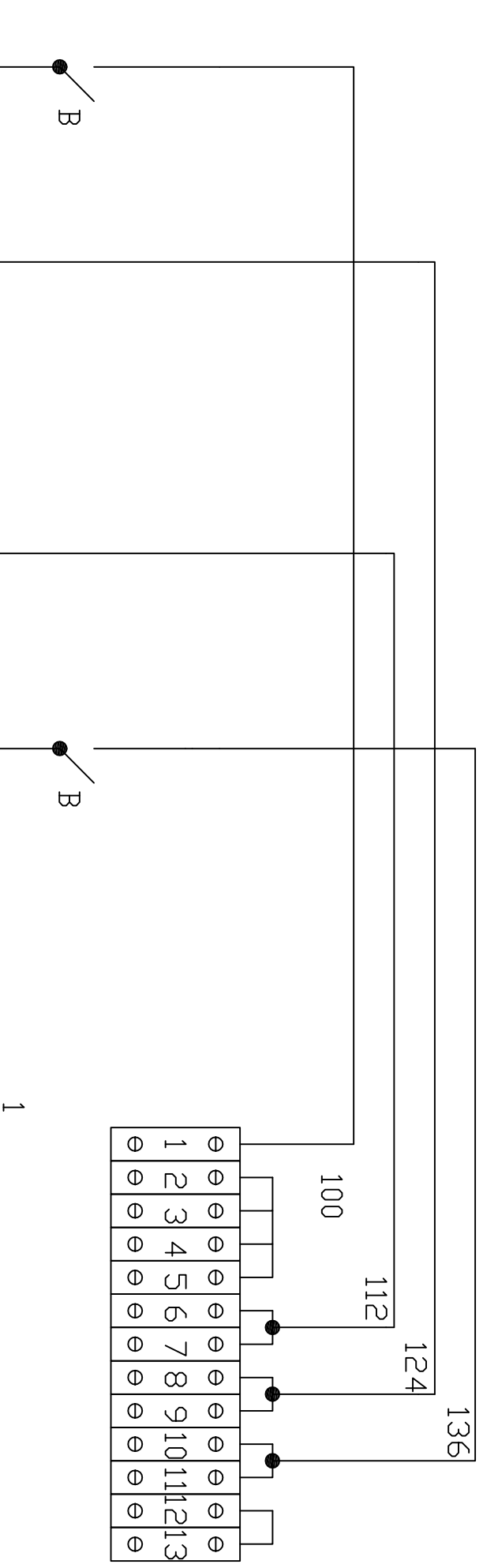
- **CÓDIGO DEL CABLEADO.**

PARTE	Nº CABLE	Nº REGLETA	FUNCIÓN
BATERÍAS	100	1, 2, 3, 4, 5	0V
BATERÍAS	112	6, 7	12V
BATERÍAS	124	8, 9	24V
BATERÍAS	136	10, 11	36V
BATERÍAS	148	12, 13	48V
MOTOR	20	14	MOTOR +
MOTOR	21	15	MOTOR -
CONTROLADOR	30	16	1 POWER
CONTROLADOR	31	17	2 POWER
CONTROLADOR	32	18	4 POWER
CONTROLADOR	33	19	5 POWER
CONTROLADOR	34	20	1 SIGNAL
CONTROLADOR	35	21	10 SIGNAL
CONTROLADOR	36	22	12 SIGNAL
CONTROLADOR	37	23	3 SIGNAL
POTENICOMETRO	40	24	CONTROL
POTENICOMETRO	41	25	AMARILLO
POTENICOMETRO	42	26	MARRÓN
REGULADOR	510	27	PLACAS -
REGULADOR	511	28	PLACAS +
REGULADOR	520	29	BATERÍAS -
REGULADOR	521	30	BATERÍAS +
PANELES FOTOV.	60	31	P1 -
PANELES FOTOV.	61	32	P2 +
PANELES FOTOV.	62	33	P3 -
PANELES FOTOV.	63	34	P4+
ACCESORIOS	710	35	EWON -
ACCESORIOS	711	36	EWON +
ACCESORIOS	720	37	BOCINA -
ACCESORIOS	721	38	BOCINA +
C. RIO	800	39	C.RIO -
C. RIO	801	40	C. RIO +
C. RIO	802	41	C. RIO V BAT
INTERRUP. ENABLE	90	42	CONTACTO 1
INTERRUP. ENABLE	91	43	CONTACTO 2
SENSOR VELOCIDAD	100	44	BLUE -

SENSOR VELOCIDAD	101	45	BLACK CONT
SENSOR VELOCIDAD	102	46	BROWN +
INLCINÓMETRO	120	47	ALIM -
INLCINÓMETRO	121	48	ALIM +
INLCINÓMETRO	122	49	EJE X
INLCINÓMETRO	123	50	EJE Y
SETA EMERGENCIA	130	51	36 V IN
SETA EMERGENCIA	131	52	36 V OUT
SETA EMERGENCIA	132	53	MOTOR IN
SETA EMERGENCIA	133	54	MOTOR OUT

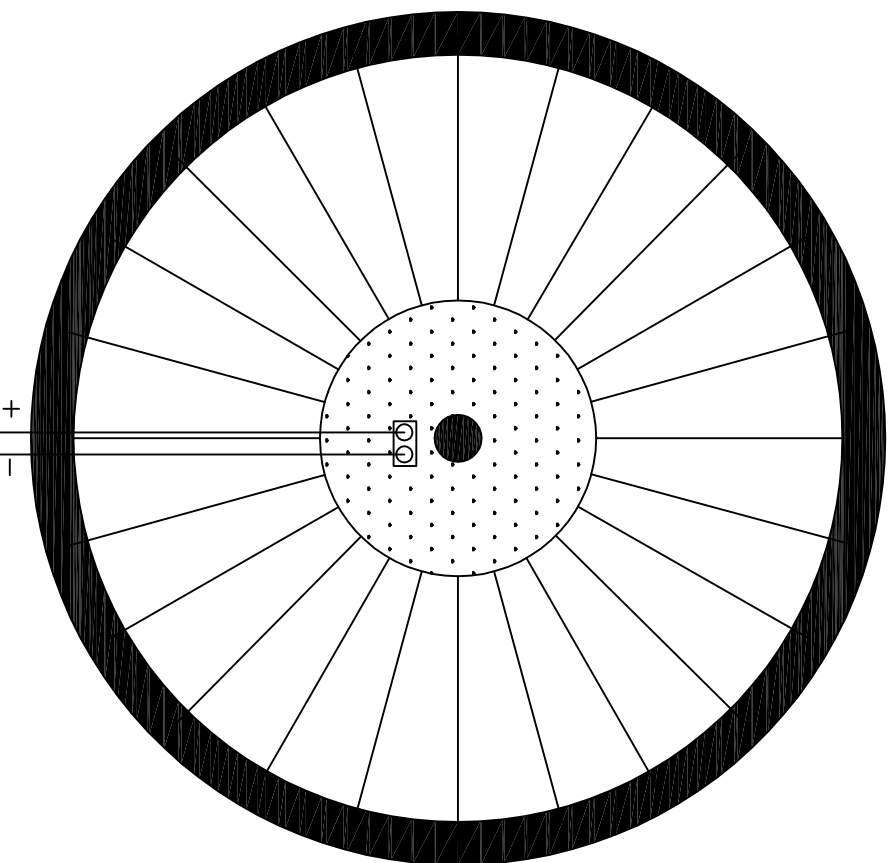
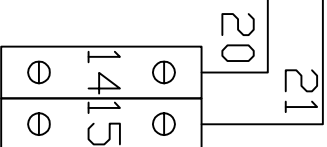


PFC DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA DE CAPTACION DE ENERGIA Y PROPULSION PARA EL COCHE SOLAR PROTOTIPO ANIBAL.			
alumno:	plano:	fecha:	
JOSE LÓPEZ HELLÍN	AN_0	Septiembre 2011	
director:	codirector:		
ÁNGEL MOLINA GARCÍA	ANTONIO GUERRERO GONZÁLEZ		
título: 6º n.º			
ITI Electricidad	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
			

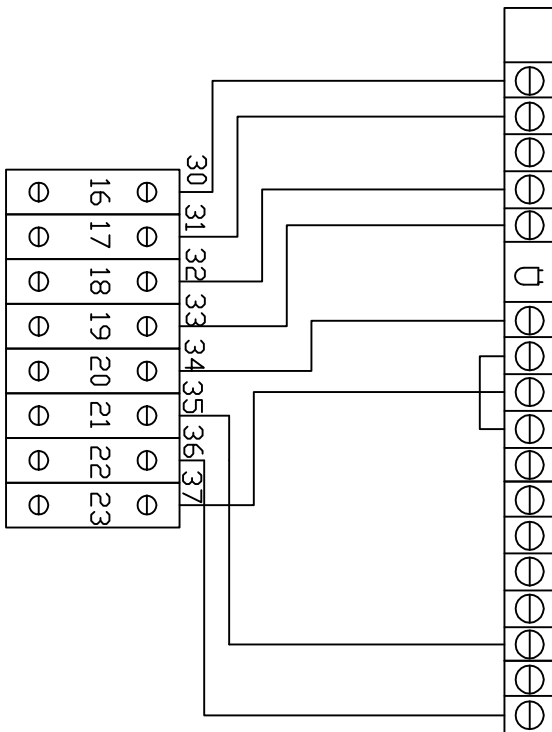


B- Interruptor baterías

<p>PEC DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA DE CAPTACION DE ENERGÍA Y PROPULSION PARA EL COCHE SOLAR PROTOTIPO ANIBAL.</p>			
<p>a lumno:</p> <p>JOSE LÓPEZ HELLIN</p>	<p>plano:</p> <p>AN 1</p>	<p>fecha:</p> <p>Septiembre 2011</p>	
<p>director:</p> <p>ÁNGEL MOLINA GARCÍA</p>		<p>codirector:</p> <p>ANTONIO GUERRERO GONZÁLEZ</p>	
<p>títulaci ón:</p> <p>ITI Electricidad</p>	<p>Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial</p> 	<p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA</p>	



PFC DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA DE CAPTACION DE ENERGIA Y PROPULSION PARA EL COCHE SOLAR PROTOTIPO ANIBAL.			
alumno:	plano:	fecha:	
JOSE LÓPEZ HELLÍN	AN_2	Septiembre 2011	
director:	codirector:		
ÁNGEL MOLINA GARCIA	ANTONIO GUERRERO GONZÁLEZ		
titulaci ón:	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA	



1 + Motor
 2 - Motor
 3 Ground Safety Earth
 4 + Vcc 12-50 VDC
 5 Power Gnd.

Power

○ Led green-ok /red fault

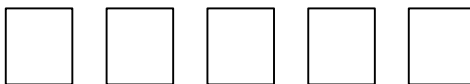
1 + Set Value
 2 - Set Value
 3 Enable
 4 Gnd
 5 + Tacho Input
 6 - Tacho Input
 7 Monitor n
 8 Monitor I
 9 Ready
 10 + 12V/12mA OUT
 11 - 12V/12mA OUT
 12 Gnd

Signal

10 n.c.
 8 CHANNEL B
 6 CHANNEL A
 4 n.c.
 2 + 5V/80mA

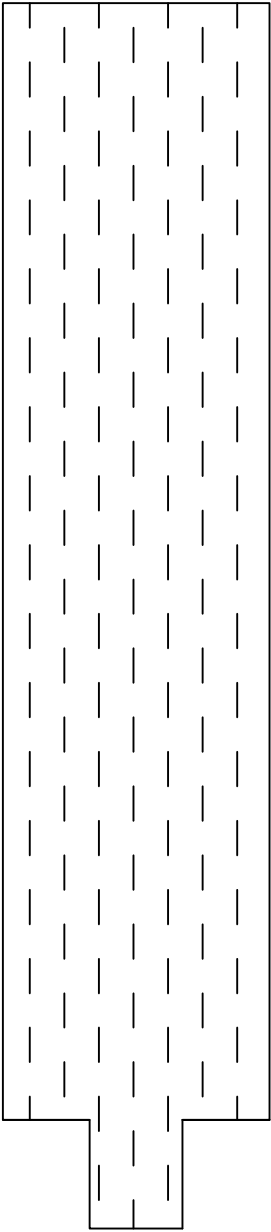
9 n.c.
 7 CHANNEL B\
 5 CHANNEL A\
 3 Gnd.
 1 n.c.

Encoder

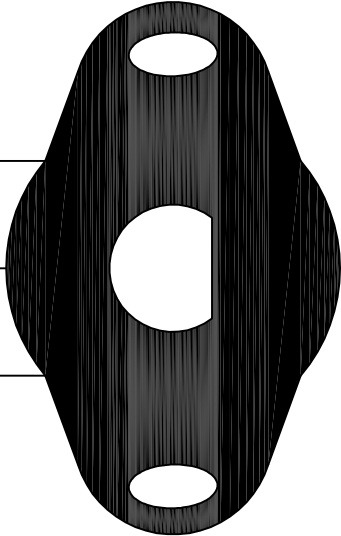


P1 IxR
 P2 Offset
 P3 n max
 P4 I max
 P5 gain

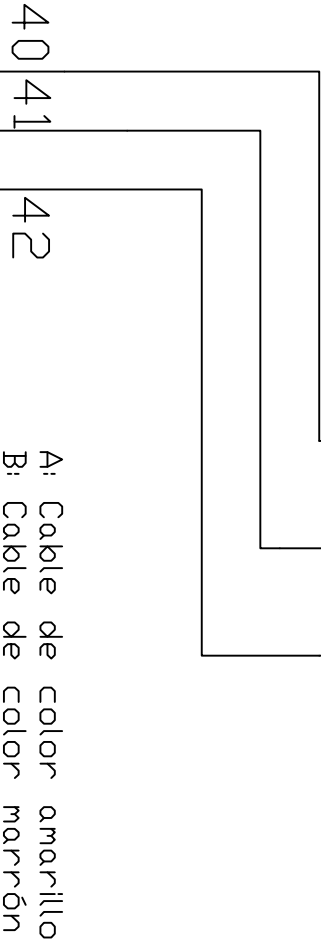
POTENCIOMETRO



EMPUNADURA





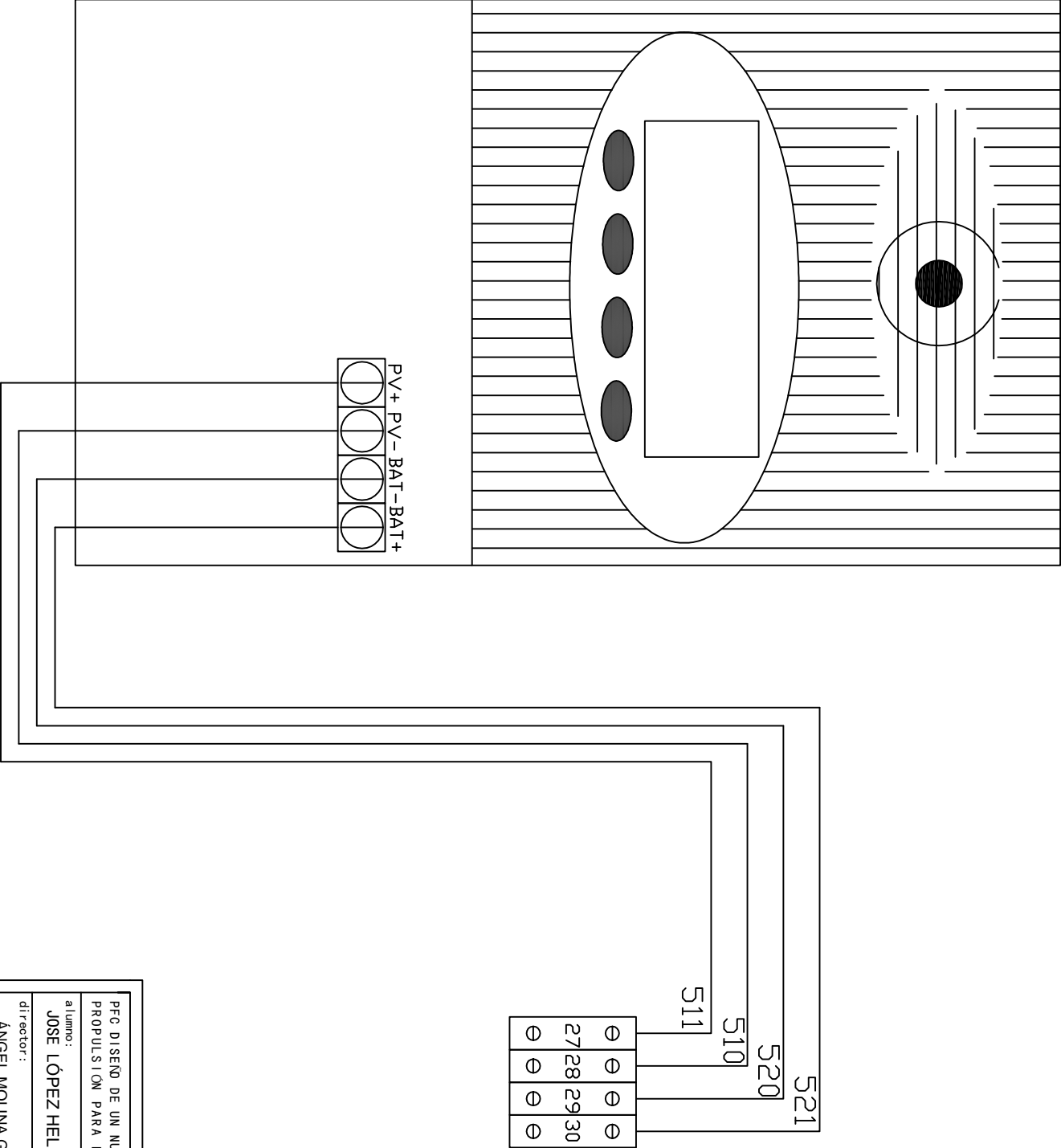
A B



A: Cable de color amarillo
B: Cable de color marrón

⊖	⊖	⊖
24	25	26
⊖	⊖	⊖

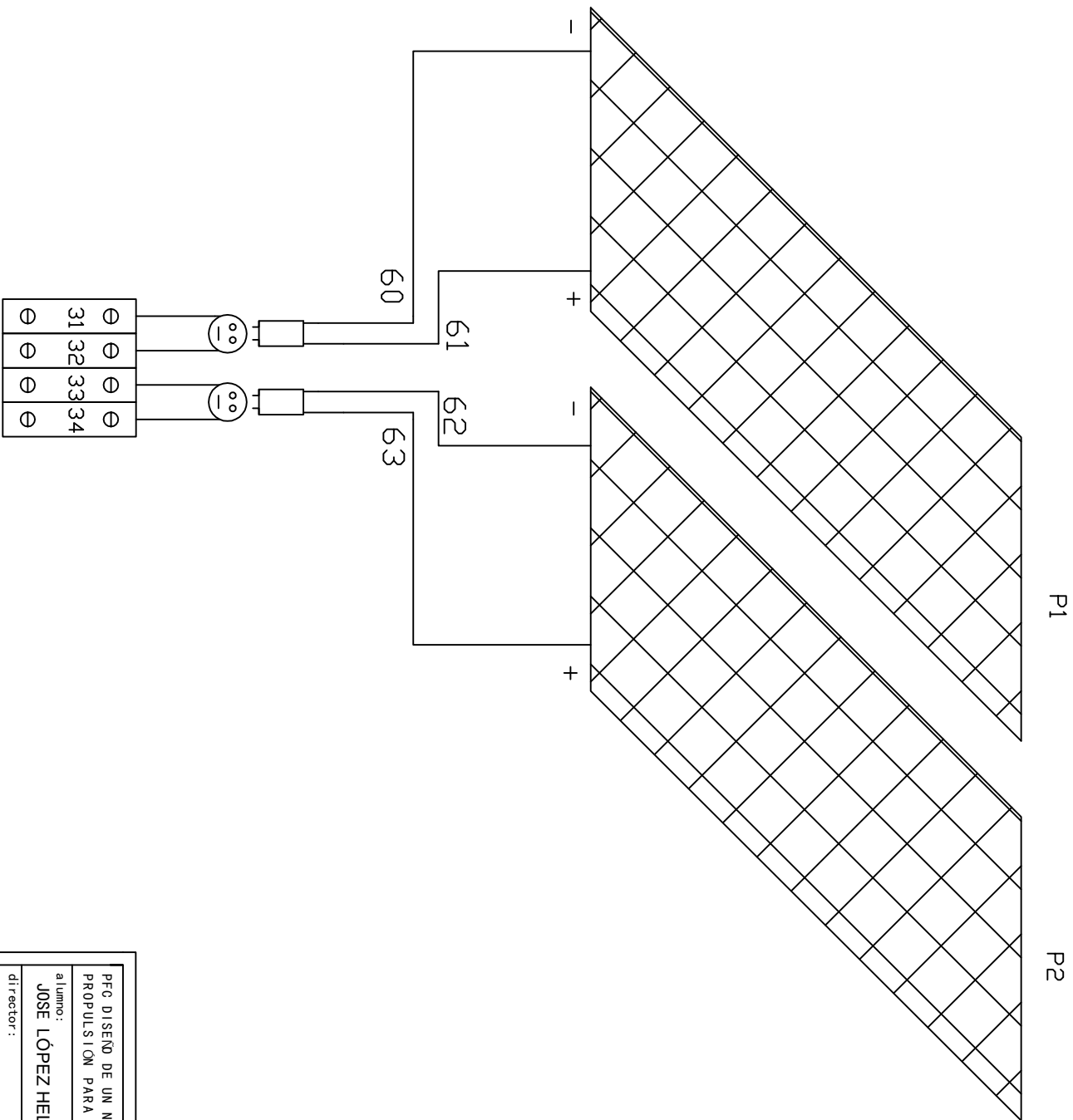
PFC DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA DE CAPTACION DE ENERGIA Y PROPULSION PARA EL COCHE SOLAR PROTOTIPO ANIBAL.			
alumno:	plano:	fecha:	
JOSE LÓPEZ HELLÍN	AN_4	Septiembre 2011	
director:	codirector:		
ÁNGEL MOLINA GARCÍA	ANTONIO GUERRERO GONZÁLEZ		
titulaci ón:			
ITI Electricidad	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
			



PFC DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA DE CAPTACION DE ENERGIA Y PROPULSION PARA EL COCHE SOLAR PROTOTIPO ANIBAL.

alumno: JOSE LÓPEZ HELLÍN plano: AN_5 fecha: Septiembre 2011

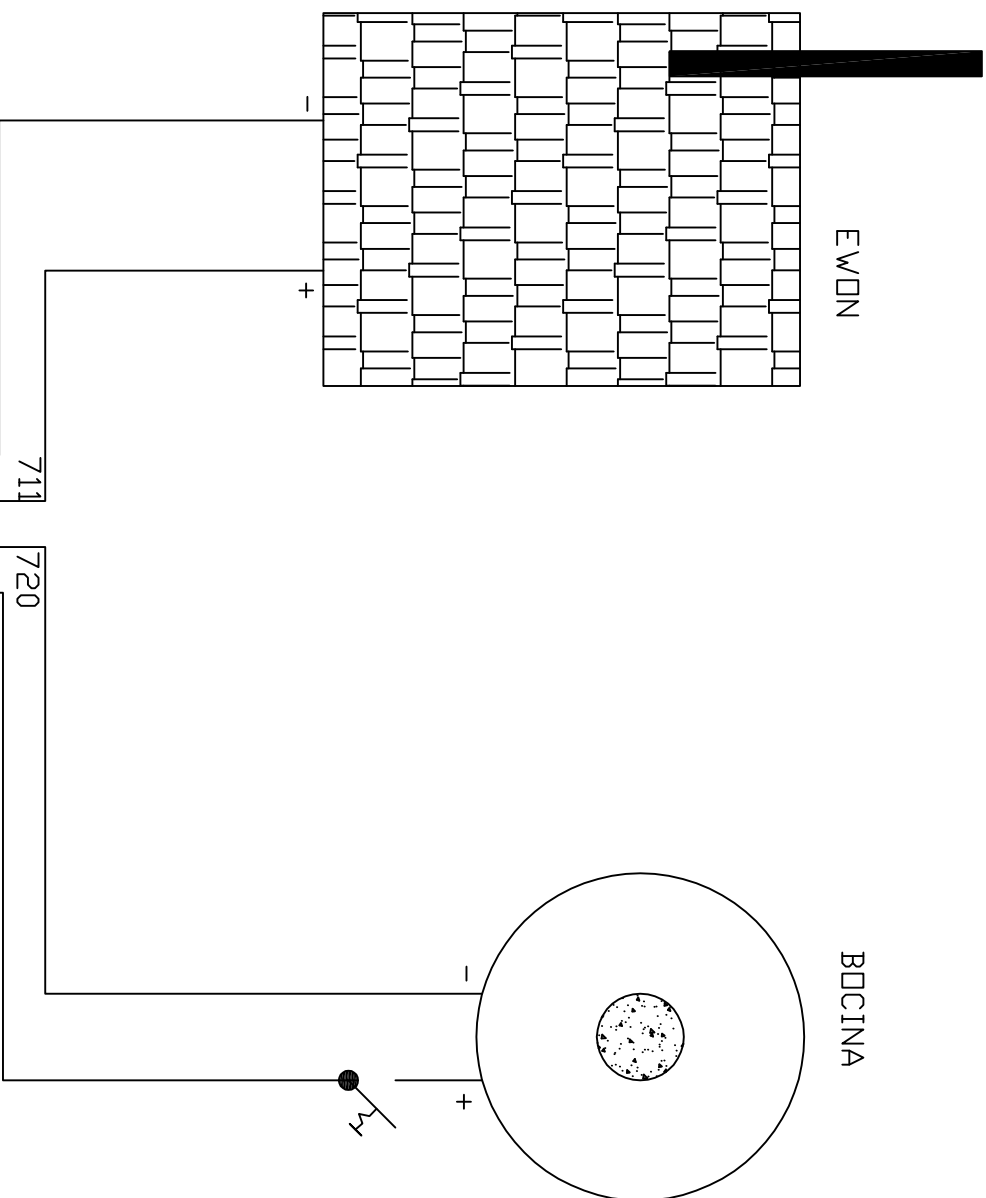
director: ANGEL MOLINA GARCÍA codirector: ANTONIO GUERRERO GONZÁLEZ



PFC DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA DE CAPTACION DE ENERGIA Y PROPULSION PARA EL COCHE SOLAR PROTOTIPO ANIBAL.

alumno: JOSE LÓPEZ HELLÍN plano: AN_6 fecha: Septiembre 2011

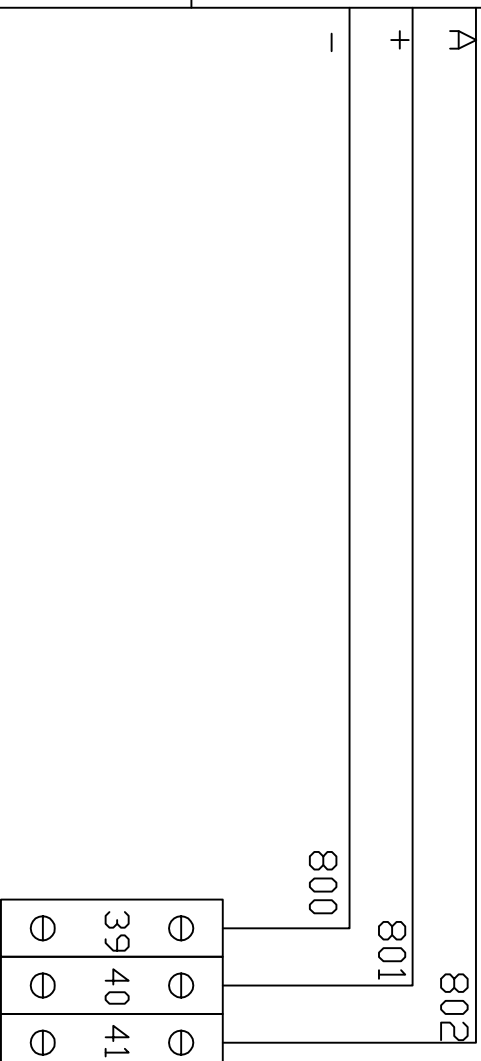
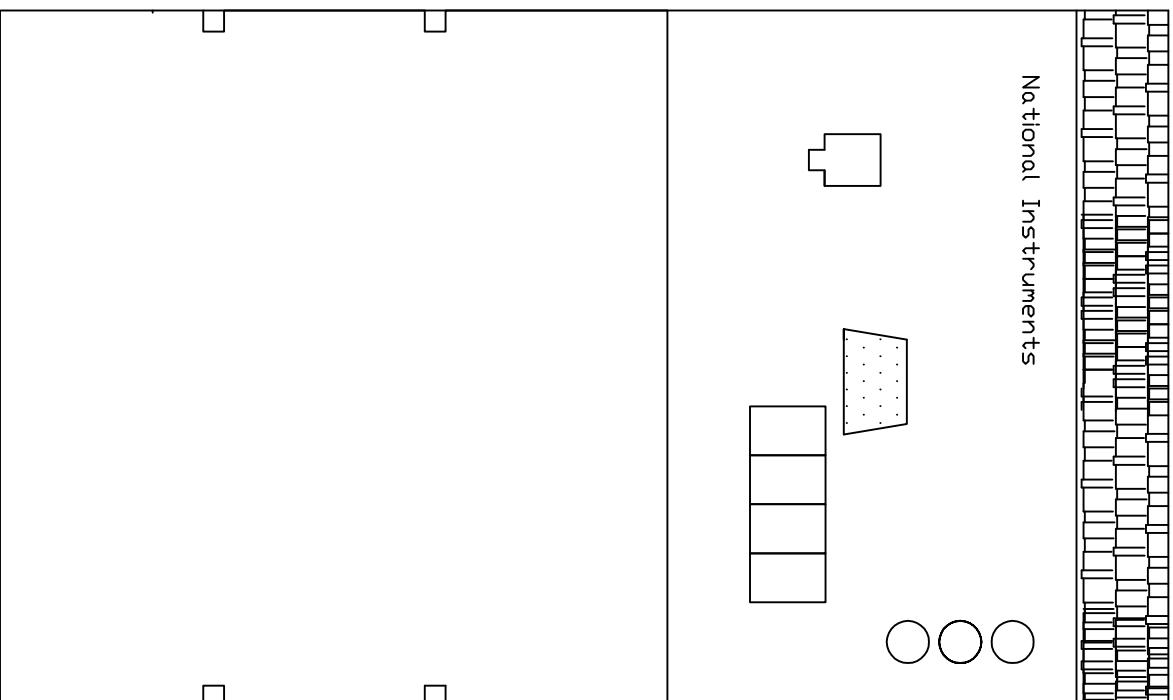
director: ANGEL MOLINA GARCÍA codirector: ANTONIO GUERRERO GONZÁLEZ



⊖	⊖	⊖	⊖
35	36	37	38
⊖	⊖	⊖	⊖

PFC DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA DE CAPTACION DE ENERGIA Y PROPULSION PARA EL COCHE SOLAR PROTOTIPO ANIBAL.			
alumno:	plano:		fecha:
JOSE LÓPEZ HELLÍN	AN_7		Septiembre 2011
director:	codirector:		
ANGEL MOLINA GARCÍA	ANTONIO GUERRERO GONZÁLEZ		
título:	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial		
ITI Electricidad	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA		

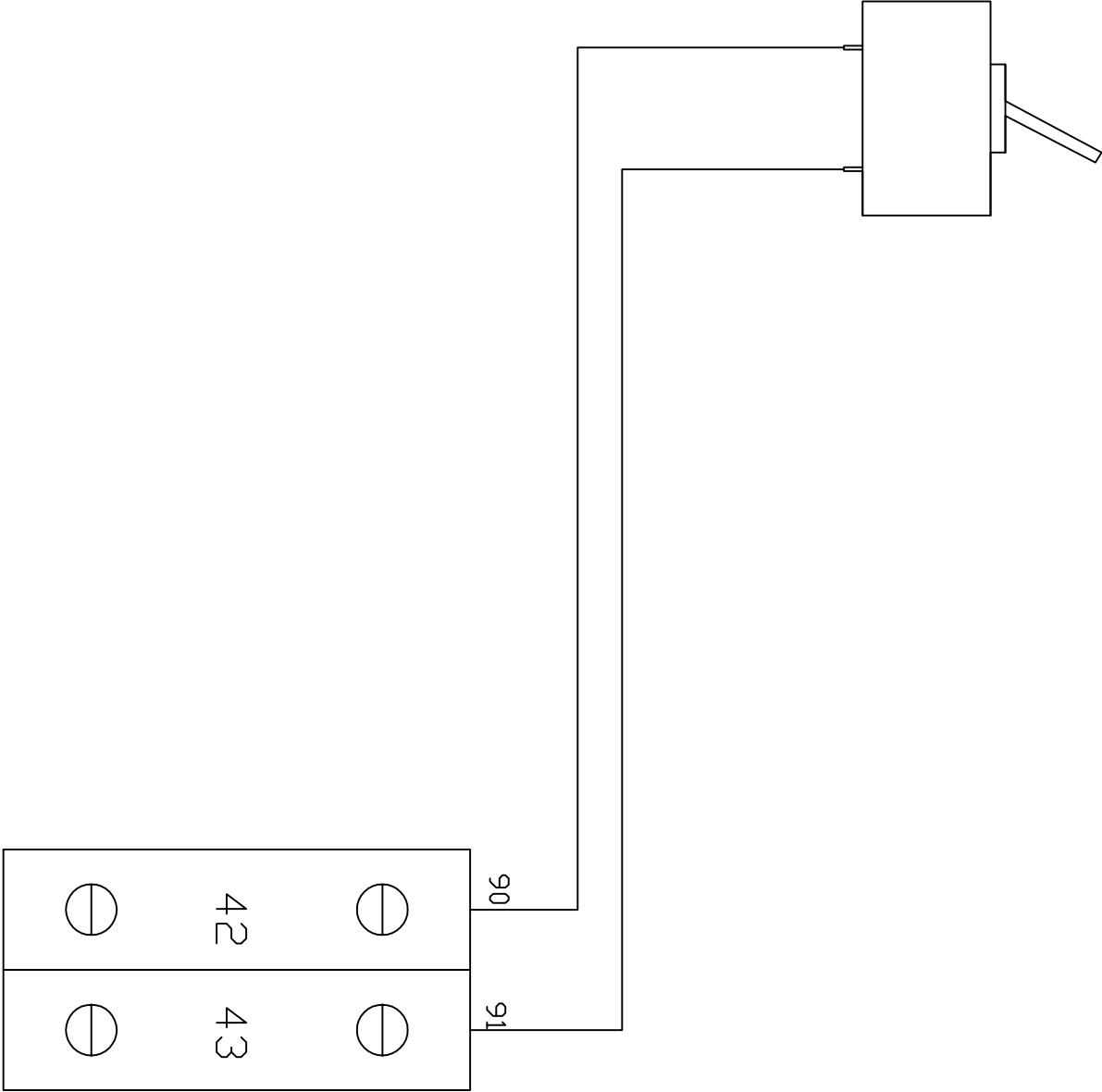
CRI0



A- Señal de tensión de baterías

PFC DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA Y PROPULSIÓN PARA EL COCHE SOLAR PROTOTIPO ANIBAL.			
alumno:	plano:		fecha:
JOSE LÓPEZ HELLÍN	AN_8		Septiembre 2011
director:		codirector:	
ANGEL MOLINA GARCIA		ANTONIO GUERRERO GONZALEZ	
título: 6º n:			
ITI Electricidad	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
			

INTERRUPTOR



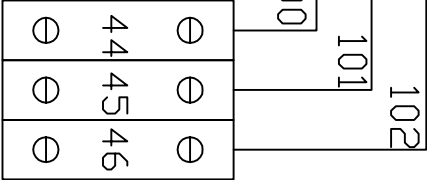
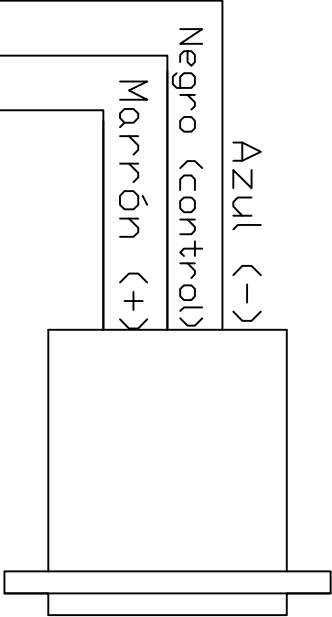
Loscontactos del interruptor podrán conectarse sin un orden concreto




PFC DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA DE CAPTACION DE ENERGIA Y PROPULSION PARA EL COCHE SOLAR PROTOTIPO ANIBAL.

alumno: JOSE LÓPEZ HELLÍN plano: AN_9 fecha: Septiembre 2011

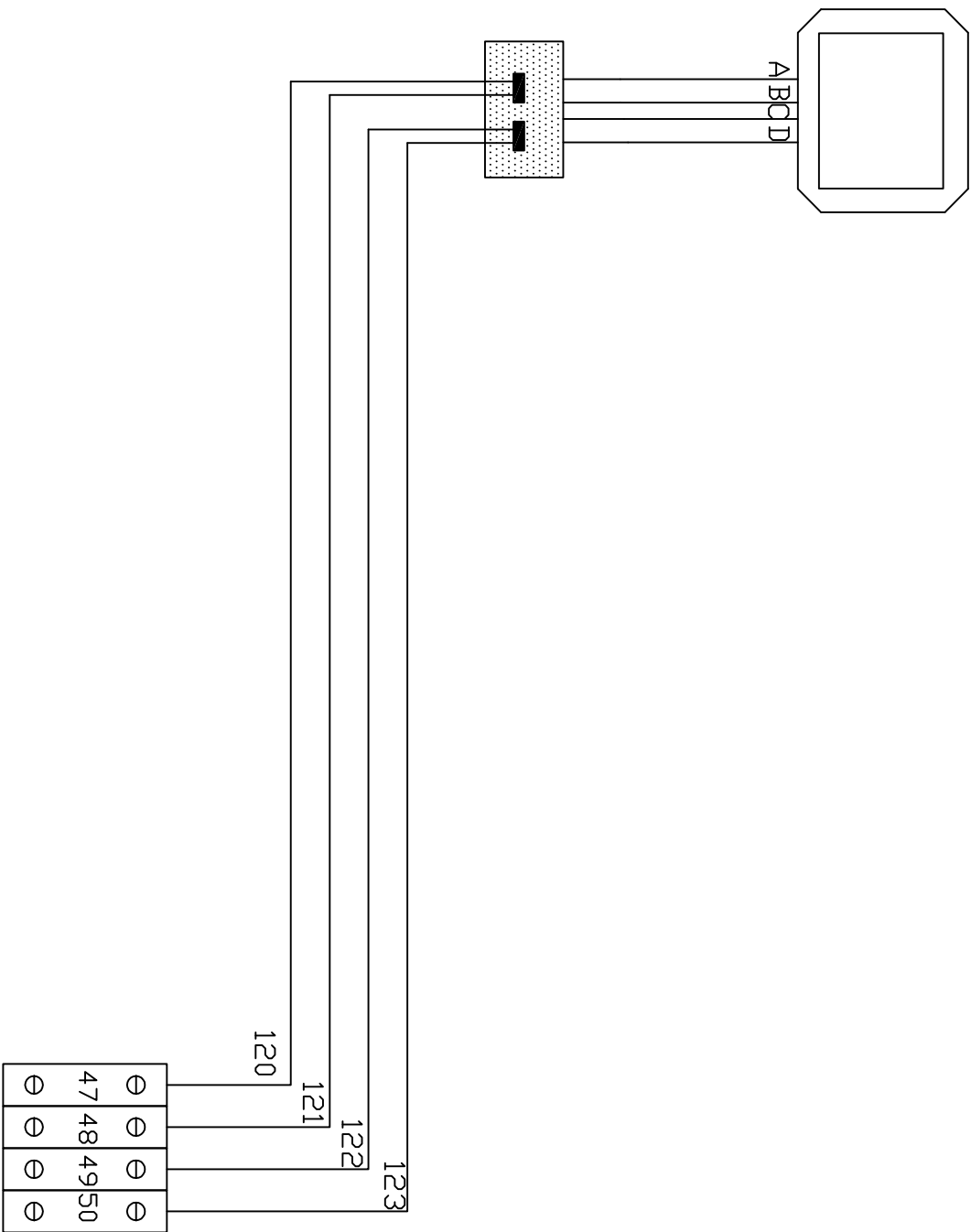
director: ANGEL MOLINA GARCÍA codirector: ANTONIO GUERRERO GONZÁLEZ

SENSOR INDUCTIVO DE VELOCIDAD



PFC DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA Y PROPULSIÓN PARA EL COCHE SOLAR PROTOTIPO ANIBAL.			
alumno:	plano:	fecha:	
JOSE LÓPEZ HELLÍN	AN_10	Septiembre 2011	
director:	codirector:		
ÁNGEL MOLINA GARCÍA	ANTONIO GUERRERO GONZÁLEZ		
título:	titular:		
ITI Electricidad	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial		
		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA	
			

INCLINOMETRO



A - Negro (-)

B - Rojo (+)

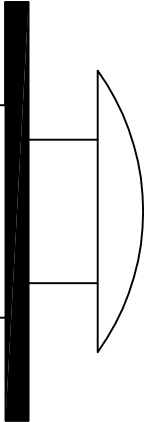
C - BLANCO EJE X

D - AMARILLO EJE Y

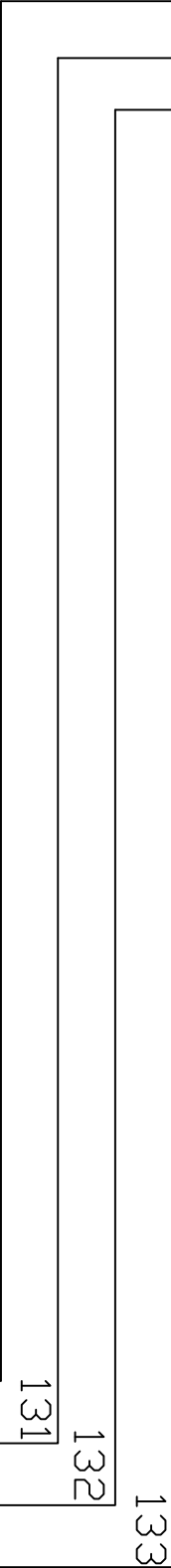
PFC DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA Y PROPULSIÓN PARA EL COCHE SOLAR PROTOTIPO ANIBAL.

alumno: JOSÉ LÓPEZ HELLÍN plano: AN_12 fecha: Septiembre 2011

director: ANGEL MOLINA GARCÍA codirector: ANTONIO GUERRERO GONZÁLEZ



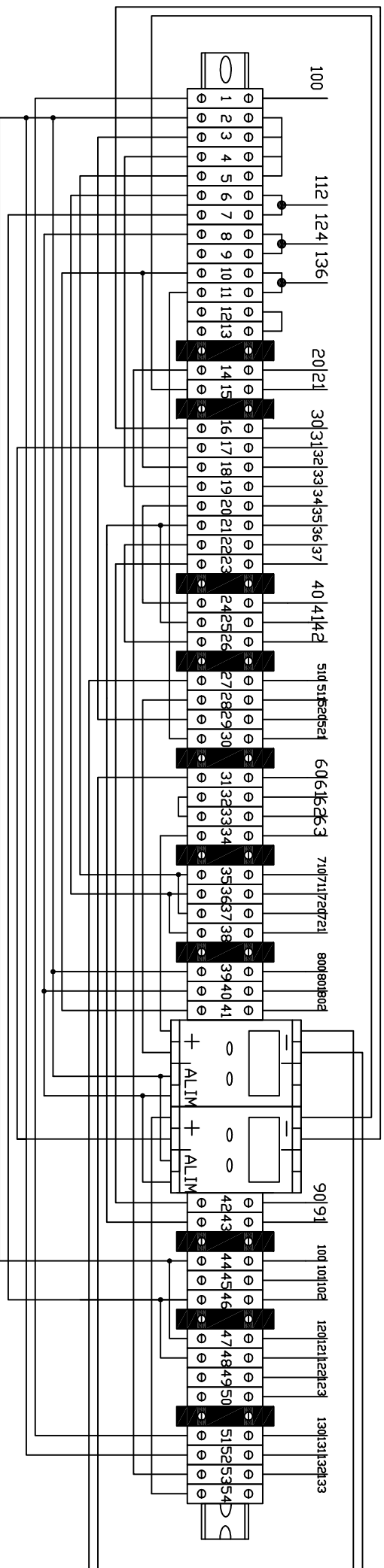
A
B
C
D



\ominus	\ominus	\ominus	\ominus
51	52	53	54
\ominus	\ominus	\ominus	\ominus

PFC DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA Y PROPULSIÓN PARA EL COCHE SOLAR PROTOTIPO ANIBAL.			
alumno:	plano:	fecha:	
JOSE LÓPEZ HELLÍN	AN_13	Septiembre 2011	
director:		codirector:	
ÁNGEL MOLINA GARCÍA		ANTONIO GUERRERO GONZÁLEZ	
título:	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial		
ITI Electricidad	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA		

- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤
- ⑥
- ⑦
- ⑧
- ⑨
- ⑩
- ⑫
- ⑬



- 1- Sección Baterías
- 2- Sección Motor
- 3- Sección Controlador
- 4- Sección Potenciómetro
- 5- Sección Regulador
- 6- Sección Paneles Fotovoltaicos
- 7- Sección Accesorios
- 8- Sección CRID
- 9- Sección Interruptor Enable
- 10- Sección Sensor de Velocidad Inductivo
- 12- Sección Inclinómetro
- 13- Sección Seta de Emergencia

PFC DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA DE CAPTACION DE ENERGIA Y PROPULSION PARA EL COCHE SOLAR PROTOTIPO ANIBAL.			
alumno:	plano:	fecha:	
JOSE LÓPEZ HELLÍN	AN_13	Septiembre 2011	
director:	codirector:		
ANGEL MOLINA GARCÍA	ANTONIO GUERRERO GONZÁLEZ		
título académico:			
ITI Electricidad	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA	